

**ANALISIS *LINK BUDGET* UNTUK PERFORMANSI JARINGAN 2G DAN 3G
PADA IMPLEMENTASI PEMBANGUNAN *INDOOR BUILDING COVERAGE*
(IBC) DI MAL SKA PEKANBARU**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada
Jurusan Teknik Elektro



Oleh:

ZULFADHLI OCTARI
10855001753

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU**

2013

ANALISIS *LINK BUDGET* UNTUK PERFORMANSI JARINGAN 2G DAN 3G PADA IMPLEMENTASI PEMBANGUNAN *INDOOR BUILDING COVERAGE (IBC)* DI MAL SCAPEKANBARU

ZULFADHLI OCTARI
NIM : 10855001753

Tanggal Sidang : 30 Mei 2013
Tanggal Wisuda : November 2013

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Pembangunan *Indoor Building Coverage (IBC)* menjadi salah satu pekerjaan tambahan bagi setiap operator untuk meningkatkan kualitas layanan karena terjadinya pelemahan sinyal dari luar kedalam gedung. MAL ska Pekanbaru merupakan salah satu gedung pusat perbelanjaan modern yang sudah mengimplementasikan pembangunan IBC sebagai salah satu bentuk pelayanan jaringan kepada pelanggan. Performansi jaringan IBC yang sudah terpasang digedung MAL ska Pekanbaru tidak pernah lepas dari baik buruknya perencanaan yang dilakukan sebelum pemasangan jaringan, dan salah satu bagian terpenting dalam perencanaan jaringan adalah perhitungan *link budget*. Pada penelitian ini kualitas sinyal jaringan IBC di gedung MAL ska Pekanbaru yang mengambil studi kasus operator Indosat diukur dengan melakukan *drive test mode idle* dengan menggunakan *software* TEMS Investigation versi 9.1 dan nantinya akan disesuaikan dengan perhitungan *link budget* yang telah dibuat sebelumnya oleh operator. Dari hasil pengukuran yang diperoleh untuk jaringan GSM dengan nilai EIRP 18,572 dBm menghasilkan nilai RxLevel sebesar -39 dBm dan EIRP sebesar 14,062 dBm menghasilkan nilai RxLevel sebesar -83 dBm. Maka semakin besar nilai *Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)* yang dihasilkan antena *omni* maka akan semakin bagus kualitas sinyal yang dihasilkan. Begitu pula sebaliknya semakin kecil nilai EIRP yang dihasilkan antena *omni* maka akan semakin buruk pula kualitas sinyal yang dihasilkannya.

Kata Kunci : *Drive Test Idle, Effective Isotropic Radiated Power, Indoor Building Coverage, Link Budget, TEMS Investigation 9.1*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, yang telah mencurahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis. Shalawat beriring salam untuk junjungan kita Nabi Muhammad SAW, sebagai seorang sosok pemimpin dan tauladan bagi seluruh umat di dunia yang patut di contoh dan di teladani bagi kita semua. Atas ridho Allah SWT penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Analisis *Link budget* Untuk Performansi Jaringan 2G dan 3G Pada Implementasi Pembangunan *Indoor Building Coverage* (IBC) di MAL Ska Pekanbaru”

Melalui proses bimbingan dan pengarahan yang disumbangkan oleh orang-orang yang berpengetahuan, dorongan, motivasi, dan juga do'a orang-orang yang ada disekeliling penulis sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan penuh kesederhanaan. Sudah menjadi ketentuan bagi setiap Mahasiswa yang ingin menyelesaikan studinya pada perguruan tinggi UIN SUSKA RIAU harus membuat karya ilmiah berupa Tugas Akhir guna mencapai gelar sarjana.

Oleh sebab itu sudah sewajarnya penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Ayahanda dan Ibunda tercinta, yang telah memberikan semangat, dukungan moril maupun materil dan doa kepada penulis serta keluarga besar penulis yang selalu mendoakan penulis.
2. Dra. Hj. Yenita Morena, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh Pembantu Dekan, Staf dan jajarannya.
3. Kunaifi, ST., PgDipEnSt., M.Sc. selaku ketua jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau yang telah membuat proses administrasi menjadi lebih efektif sehingga penulis lebih mudah dalam melengkapi berkas-berkas untuk Tugas Akhir dan pengalaman-pengalaman luar biasa beliau yang penulis rasakan.
4. Sutoyo, ST., MT. selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu serta pemikirannya dengan ikhlas dalam memberikan penjelasan dan masukan yang sangat berguna sehingga penulis menjadi lebih mengerti dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

5. Fitri Amilia, ST., MT, Mulyono, ST., MT, Rika Susanti, ST., M.Eng selaku dosen penguji yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi kritikan dan saran yang sangat membangun terhadap penulis.
6. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan bimbingan dan curahan ilmu kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Bhany Sari, ST yang penulis sayangi dan kasihi, yang telah memberikan bantuan dan memberi dorongan, menemani penulis baik dalam susah maupun senang dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. M. Ammaludin, Jefriadi, Vici Novia Vendlan, Zelin Oktaviani, Novebri Hidayati Riska serta teman-teman penulis lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dan memberi dorongan, motivasi dan sumbangan pemikiran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Kakanda dan Adinda Teknik Elektro yang telah memberikan dorongan kepada penulis.

Semoga bantuan yang telah diberikan baik moril maupun materil mendapat balasan pahala dari Allah SWT, dan sebuah harapan dari penulis semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca semua pada umumnya.

Semua kekurangan hanya datang dari penulis dan kesempurnaan hanya milik Allah SWT, hal ini yang membuat penulis menyadari bahwa dalam pembuatan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan kemampuan, pengalaman, dan pengetahuan penulis. Untuk itu penulis mengharap kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat positif dan membangun demi kesempurnaan skripsi ini.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN <i>COVER</i>	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
ABSTRAK	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR RUMUS	xix
DAFTAR SINGKATAN.....	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xxii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah.....	I-2
1.3 Batasan Masalah	I-2
1.4 Tujuan Penelitian	I-3
1.5 Manfaat Penelitian	I-3
1.6 Metodologi Penelitian.....	I-3
1.7 Sistematika Penulisan	I-5

BAB II METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Pengambilan Data Operator	II-3
2.1.1 Operator Indosat	II-3
2.1.2 <i>Schematic Diagram</i> Indosat	II-4
2.1.3 Komponen Pasif	II-6
2.1.4 <i>Link Budget</i> MAL ska Pekanbaru.....	II-10
2.1.5 <i>Wiring</i> Kabel	II-13
2.1.6 <i>Layout</i> Shelter.....	II-14
2.2 Survey Lapangan	II-15
2.2.1 Antena <i>Microwave</i>	II-15
2.2.2 Shelter.....	II-16
2.2.3 Ruang AHU/Ruang Panel.....	II-17
2.3 Parameter <i>Walk Test</i>	II-17
2.4 Area dan Waktu Penelitian	II-19
2.5 Pengukuran	II-20
2.5.1 Metodologi Pengukuran	II-21
2.5.2 Alat Walk Test.....	II-22
2.5.3 Pengolahan Data.....	II-24
2.6 Kegiatan Analisa Performansi Jaringan.....	II-28
2.7 Pembuatan Desain Optimasi	II-28

BAB III TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Konsep Teknologi Seluler.....	III-1
3.1.1 <i>Cells</i>	III-1
3.2 Teknologi Generasi Kedua (2G) dan Generasi Ketiga (3G).....	III-2
3.2.1 Teknologi Generasi Kedua (2G)	III-2
3.2.1.1 Teknologi GSM.....	III-2

3.2.1.2 Teknologi GPRS.....	III-3
3.2.1.3 Teknologi EDGE.....	III-4
3.2.2 Teknologi Generasi Ketiga (3G)	III-5
3.2.2.1 Teknologi UMTS.....	III-5
3.2.2.2 Teknologi HSPA	III-5
3.3 <i>Handover</i>	III-6
3.4 <i>Base Transceiver Station (BTS)</i>	III-7
3.5 <i>Mobile Station (MS)</i>	III-7
3.6 <i>Frequency Reuse</i>	III-8
3.7 <i>Indoor Building Coverage (IBC)</i>	III-9
3.7.1 <i>Antena Indoor</i>	III-10
3.7.2 <i>Combiner</i>	III-10
3.7.3 <i>Splitter</i>	III-10
3.7.4 <i>Jumper</i>	III-11
3.7.5 <i>Connector</i>	III-11
3.7.6 <i>Kabel Feeder</i>	III-11
3.7.7 <i>Tapper</i>	III-11
3.8 <i>Link Budget</i>	III-11
3.8.1 <i>Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)</i>	III-11
3.8.2 <i>RxLevel</i>	III-12
3.8.3 <i>Received Signal Code Power (RSCP)</i>	III-12
3.8.4 <i>Drive Test</i>	III-13
3.8.5 <i>Schematic Diagram</i>	III-13
3.9 <i>Model Propagasi Indoor</i>	III-14
3.9.1 <i>Model Invers Eksponensial</i>	III-14
3.9.2 <i>Model Free Space Loss</i>	III-14

3.9.3 Model Keenan Motley	III-14
BAB IV HASIL PENGUKURAN DAN ANALISA	
4.1 Hasil Pengukuran Sinyal	IV-1
4.1.1 Kualitas Sinyal GSM dan WCDMA	IV-2
4.1.2 Parameter GSM dan WCDMA.....	IV-6
4.1.2.1 WCDMA/GSM <i>Line Chart</i>	IV-6
4.1.2.2 GSM <i>Current Channel</i>	IV-9
4.1.2.3 <i>Events</i>	IV-10
4.1.2.4 WCDMA <i>Radio Parameter</i>	IV-11
4.1.2.5 GSM <i>Radio Parameter</i>	IV-13
4.1.3 Distribusi Grafik Parameter GSM dan WCDMA	IV-14
4.1.3.1 Parameter GSM	IV-15
4.1.3.2 Parameter WCDMA	IV-17
4.2 Analisis Performansi Jaringan	IV-19
4.2.1 <i>Link Budget</i> Sebelum Pemasangan Jaringan.....	IV-19
4.2.2 <i>Link Budget</i> Setelah Pemasangan Jaringan.....	IV-22
4.3 Desain Optimasi Jaringan	IV-29
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	V-1
5.2 Saran	V-1
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses redaman sinyal telekomunikasi seluler banyak dialami pada gedung-gedung bertingkat dikarenakan sinyal yang dipancarkan antena *outdoor* melemah atau kualitas sinyal yang dipancarkannya menurun. Untuk memperbaiki kualitas sinyal yang ada di dalam gedung tersebut maka *Indoor Building Coverage* (IBC) saat ini menjadi salah satu pekerjaan tambahan bagi setiap operator sebagai penyedia jaringan. Pembangunan IBC ini dimaksudkan agar para pengguna jaringan *mobile* dapat tetap menikmati semua fitur yang diberikan walaupun masih berada di dalam gedung.

MAL ska merupakan salah satu pusat perbelanjaan modern yang terletak di barat kota Pekanbaru, Mal yang pertama kali dibuka pada awal 2004 ini terdapat pertokoan yang menyediakan berbagai keperluan rumah tangga, makanan, peralatan kantor dan olahraga. Dengan halamannya yang luas kegiatan seperti konser, *fashion*, *freestyle* dan kontes otomotif sering diadakan disana.

Kondisi tersebut menarik perhatian beberapa operator seperti Telkomsel, XL Axiata, Indosat dan beberapa operator lain untuk membangun jaringan IBC di MAL ska sebagai bentuk pelayanan jaringan sehingga pihak pelanggan tidak merasa terganggu dalam hubungan komunikasi ketika di dalam gedung MAL ska. IBC atau *Indoor Building Coverage* adalah suatu sistem dengan perangkat pemancar dan penerima yang dipasang didalam gedung yang bertujuan untuk melayani kebutuhan sinyal telekomunikasi baik kualitas sinyal, cakupan (*coverage*), serta kapasitas trafiknya. Saat ini jaringan IBC yang sudah di bangun di MAL ska sudah terimplementasikan dan para pelanggan dapat menikmati jaringan baik untuk suara maupun data. Untuk mengetahui performansi jaringan suara maupun data pada implementasi IBC di gedung MAL ska maka diperlukan adanya perhitungan *link budget* untuk mengetahui berapa besar nilai daya pancar dan level sinyal yang dihasilkan antena IBC tersebut. Performansi jaringan IBC yang telah terpasang di MAL ska tidak pernah lepas dari baik buruknya perencanaan yang dilakukan sebelum dan setelah pemasangan jaringan. Dan salah satu bagian terpenting dalam perencanaan jaringan adalah perhitungan *link budget*, yaitu suatu perhitungan yang dilakukan untuk menghitung daya maksimal yang didapat oleh penerima berdasarkan daya *output* pemancar dengan

mempertimbangkan *gain* antena, *loss* perangkat sepanjang jalur transmisi radio dari pemancar ke penerima.

Kesesuaian dalam memasukkan data lapangan dan penggunaan parameter dalam perhitungan *link budget* menjadi faktor utama dalam perencanaan. Oleh karena itu penulis berkeinginan untuk meneliti perencanaan *link budget* yang telah dibuat operator dan nantinya akan disesuaikan dengan hasil yang ada di lapangan setelah pemasangan jaringan.

Mengacu pada penelitian sebelumnya (Iman Ahmad Setyawan, 2009), mengenai perencanaan dan analisis pembangunan IBC untuk frekuensi 2G dan 3G pada operator XL di IT Telkom menggunakan jaringan serat optik, yang merancang dan menganalisis trafik, coverage dan *link budget* untuk sistem IBC di berbagai gedung IT Telkom menggunakan serat optik, selain itu mengacu pada penelitian tentang simulasi cakupan sistem IBC pada komunikasi GSM (Harry Rachmawan, 2007) dan penelitian yang menganalisis tentang perhitungan *link budget indoor penetration* WCDMA dan HSDPA pada area pondok indah (Indra Surjati, 2008), maka muncul ide penulis untuk menganalisis *link budget* untuk performansi jaringan 2G dan 3G operator Indosat pada implementasi IBC di gedung MAL ska Pekanbaru.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan yang dapat diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana menganalisis *link budget* untuk menentukan performansi jaringan 2G dan 3G pada implementasi pembangunan *Indoor Building Coverage* (IBC) di MAL ska Pekanbaru.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini pembahasan dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Hanya meneliti jaringan operator *existing* yaitu indosat saja.
2. Hanya membahas tentang *link budget* dari jaringan *existing* dan pengaruh *link budget* tersebut terhadap performansi jaringan saat ini.
3. Pengukuran dan pengambilan data *link budget* hanya pada antena IBC yang berada pada lorong area lantai dasar, satu dan dua.
4. Waktu pengukuran dilakukan selama 1 hari pada tanggal 18 Desember 2012 pukul 10.00 WIB.

5. Model propagasi yang digunakan adalah model propagasi *Free Space Loss*.
6. Parameter *link budget* yang akan dihitung adalah nilai *Effective Isotropic Radiated Power* (EIRP).
7. Parameter pengukuran yang akan diambil terdiri dari RxLevel dan *Timing Advance* (TA) untuk sinyal GSM dan *Received Signal Code Power* (RSCP) serta UTRA Carrier RSSI untuk sinyal WCDMA.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui level daya terima dan kesesuaian dengan *link budget* yang sudah dibuat.
2. Menganalisis *link budget* untuk jaringan 2G dan 3G yang sudah dibuat operator.
3. Membuat desain optimasi dan perhitungan *link budget* yang sesuai dengan lapangan guna meningkatkan performansi jaringan IBC di gedung MAL ska Pekanbaru.

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1 Manfaat Ilmiah

Agar dapat menambah literatur perkembangan ilmu pengetahuan di bidang pembangunan jaringan *Indoor Building Coverage* (IBC) khususnya dalam perhitungan *link budget*.

1.5.2 Manfaat Terapan

Dengan adanya desain optimasi jaringan yang dibuat diharapkan dapat berguna untuk membantu dalam mengoptimalisasikan jaringan IBC yang ada di MAL ska Pekanbaru sehingga dengan demikian para pengunjung dapat merasakan kualitas layanan yang baik dalam berkomunikasi.

1.6 Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam tugas akhir ini antara lain :

1. Study Pustaka

Metode ini merupakan langkah awal penelitian dimana penulis mengumpulkan data-data berupa referensi yang dibutuhkan dalam penelitian dan penulisan laporan seperti buku-buku, jurnal dan *papper*.

2. Pengambilan Data ke Operator Indosat

Pengambilan data ke operator Indosat dilakukan untuk mendapatkan data desain *link budget*, *schematic diagram* dan *wiring cable* yang sebelumnya telah dibuat pada tahap perencanaan untuk membangun jaringan IBC digedung MAL ska Pekanbaru.

3. Pengolahan Data Perencanaan

Pengolahan data perencanaan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui dan mengenali jaringan IBC operator Indosat di MAL ska pada saat melakukan *survey* lapangan dan memudahkan penulis dalam menganalisis data tersebut.

4. Survey Lapangan

Tahap *survey* lapangan dilakukan untuk mengetahui data desain yang didapat sama dengan implementasi yang telah terpasang di MAL ska. Tahap-tahap survey terdiri dari mengetahui letak BTS *indoor*, mencari titik-titik antenna yang telah terpasang dan terakhir mencari jalur pusat kabel perantai.

5. Menentukan Parameter

Parameter yang akan diuji pada penelitian ini terdiri dari parameter teknologi 2G dan teknologi 3G. parameter teknologi 2G terdiri dari nilai RxLevel dan *Timing Advance* (TA), sedangkan parameter teknologi 3G adalah nilai RSCP dan UTRA Carrier RSSI.

6. Menentukan Area dan Waktu Pengukuran

Area dan waktu pengukuran ditentukan untuk mengetahui wilayah mana yang akan diukur dan berapa lama waktu yang dibutuhkan dalam melakukan pengukuran tersebut.

7. Melakukan Pengukuran

Pengukuran dilakukan dengan cara berjalan kaki mengelilingi area yang akan diukur di dalam gedung MAL ska Pekanbaru dengan membawa perangkat-perangkat yang dibutuhkan seperti *notebook*, Hp, kabel data dan *dongle*.

8. Pengolahan Data Hasil Pengukuran

Data yang didapat dari hasil pengukuran berbentuk data *logfile* yang dapat dibuka dan diolah kapanpun dan dimanapun data tersebut dibutuhkan.

9. Analisis Kualitas Jaringan

Dari hasil pengukuran yang diperoleh akan dilakukan analisis terhadap performansi jaringan yang dapat dilihat dari parameter nilai RxLevel dan RSCP. Berdasarkan analisis tersebut akan diketahui performansi dari RxLevel dan RSCP dan akan dibandingkan dengan *link budget* yang telah dibuat sebelumnya.

10. Pembuatan Desain Optimasi

Setelah tahap analisis *link budget* dilakukan untuk mengetahui performansi jaringan 2G dan 3G operator Indosat, penulis berusaha membuat rekomendasi berupa desain jaringan baru guna mengoptimalkan jaringan IBC yang telah terimplementasi di MAL ska Pekanbaru.

11. Penulisan Laporan

Tahap akhir dari metodologi ini adalah menulis laporan Tugas Akhir berdasarkan analisis dan kesimpulan yang diperoleh.

1.7 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan secara umum dan singkat mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat penelitian, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang proses penelitian yang dilakukan dilapangan. Proses penelitian yang dilakukan ini terdiri dari survey secara langsung dan pengukuran sinyal yang ada di gedung MAL ska.

BAB III LANDASAN TEORI

Bab ini berisi tentang konsep dasar dari sistem GSM dan IBC.

BAB IV HASIL PENGUKURAN DAN ANALISA

Bab ini berisi tentang analisa dari hasil pengamatan dan pengukuran yang dilakukan dilapangan yang nantinya disesusaikan dengan link budget yang telah ada dan di buat sebelumnya oleh operator.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang diperoleh dari penelitian pada bab-bab sebelumnya dan saran-saran dari pengamatan.

BAB II

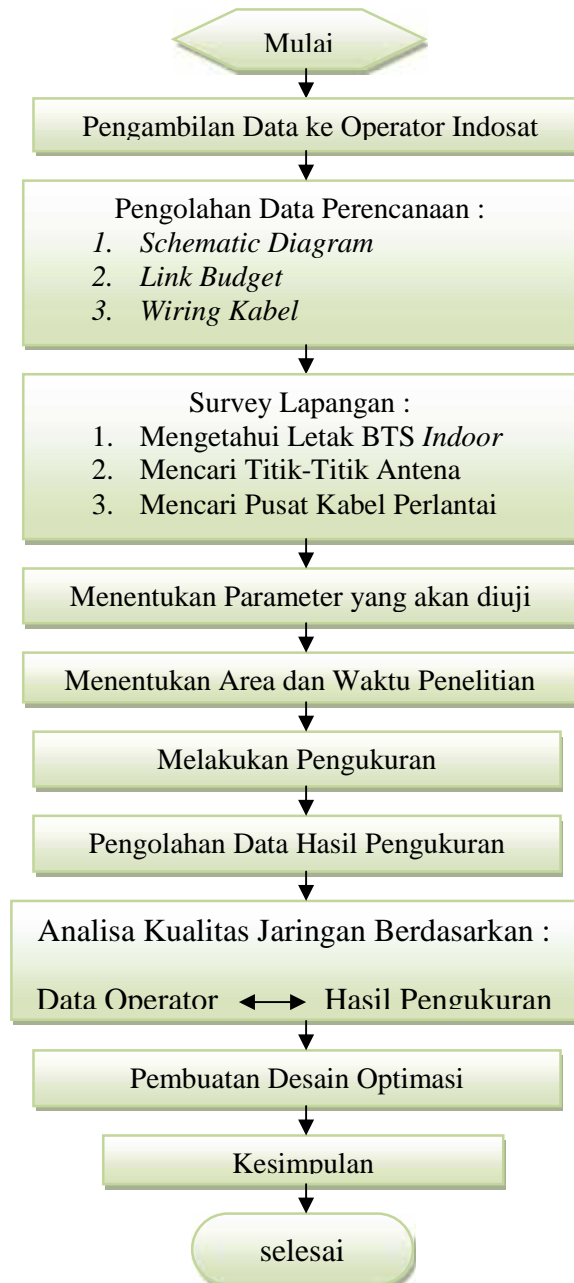
METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian pada tugas akhir ini membahas tentang langkah yang akan dilakukan dalam kegiatan penelitian nantinya, yang berfungsi sebagai jalan atau alur penelitian yang akan dilakukan pada saat melakukan penelitian. Alur penelitian pada tugas akhir ini dimulai dengan melakukan pengambilan data ke operator Indosat, data yang diambil adalah data berupa desain perencanaan yang dibuat operator Indosat sebelum pemasangan IBC di gedung MAL ska Pekanbaru. Setelah mendapatkan data desain perencanaan Indosat penulis melanjutkan dengan melakukan pengolahan data perencanaan yang bertujuan agar mempermudah tahap survey lapangan ke gedung MAL ska Pekanbaru.

Tujuan dilakukannya survey lapangan adalah membandingkan data desain yang didapat sama dengan yang sudah terpasang atau terimplementasi di gedung MAL ska. Tahap-tahap survey lapangan tersebut terdiri dari mengetahui letak dari BTS *indoor* operator Indosat pada sistem IBC yang dibuat, mencari titik-titik antenna yang sudah terpasang termasuk jumlah antenanya dan mencari pusat kabel antenna perlantai. Langkah selanjutnya pada alur penelitian ini menentukan parameter yang akan diuji seperti level daya terima di *mobile station* baik dalam jaringan 2G maupun 3G, kemudian menentukan area dan waktu penelitian yaitu wilayah mana saja yang akan diukur serta berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengukuran tersebut.

Tahap yang paling penting dalam penelitian ini adalah melakukan pengukuran. Pengukuran dilakukan dengan cara berjalan kaki menggunakan alat-alat yang dibutuhkan seperti *notebook*, *handset*, *dongle* dan *software* TEMS Investigation 9.1 dengan jenis pengukuran yang dilakukan adalah mode *idle* atau *handset* tidak melakukan panggilan. Setelah pengukuran dilakukan maka akan diketahui level daya terima yang dihasilkan jaringan IBC untuk operator Indosat di wilayah tersebut, data yang disimpan berbentuk *logfile* yang dapat dibuka dan diolah kapanpun data tersebut dibutuhkan. Kemudian langkah selanjutnya dalam penelitian ini adalah tahap analisa untuk menentukan performansi jaringan yang sudah diukur dengan cara membandingkan data *link budget* yang didapat dari operator dengan hasil

pengukuran sinyal pada saat melakukan pengukuran. Perbandingan dilakukan dengan melihat parameter-parameter yang akan diteliti yaitu nilai RxLevel dan RSCP-ya. Setelah mengetahui performansi dari jaringan 2G dan 3G operator Indosat penulis berusaha membuat desain optimasi jaringan guna mengoptimisasikannya agar menjadi lebih baik dari sebelumnya. Langkah terakhir adalah menarik kesimpulan dan selesai.



Gambar 2.1. *Flowchart* Penelitian

2.1 Pengambilan Data Operator

Pengambilan data ke operator Indosat bertujuan untuk mengetahui *design* perencanaan yang dibuat sebelum pemasangan jaringan. Pada analisis perhitungan *link budget* yang dilakukan di MAL ska Pekanbaru untuk operator Indosat, data *design* perencanaan antenna *Indoor Building Coverage* (IBC) seperti *schematic diagram*, *wiring* kabel serta *layout shelter* sangat dibutuhkan dalam penelitian ini. Fungsi dari data *design* operator tersebut digunakan untuk membandingkan antenna IBC sebelum pemasangan dengan yang sudah terimplementasi di gedung MAL ska Peknbaru.

2.1.1 Operator Indosat

Salah satu penyelenggara jasa telekomunikasi dan informasi di Indonesia yang memberikan layanan jasa seluler dan telekomunikasi tetap adalah PT Indosat Tbk. PT Indosat Tbk sebelumnya bernama PT Indonesian Satelite Corporation Tbk berdiri pada tahun 1967 sebagai perusahaan modal asing dan mulai aktif pada tahun 1969. Pada tahun 1980 seluruh saham perusahaan ini dimiliki oleh pemerintah Indonesia dan menjadi Badan Usaha Milik Negara (BUMN).

Setelah sekian lama pemerintah Indonesia membuka kompetisi pasar bebas pada abad ke 21 sehingga Telkom tidak lagi memonopoli telekomunikasi di Indonesia. Semakin berkembangnya PT Indosat Tbk sebagai penyedia jasa telekomunikasi terbesar di Indonesia pada tahun 2001 indosat mendirikan PT Indosat Multi Media Mobile yang dikenal dengan Indosat IM3 serta memiliki kendali penuh terhadap PT Satelindo. Indosat berkomitmen untuk terus mendukung perkembangan jaringan seluler maupun internet di Indonesia.

Operator Indosat merupakan salah satu operator GSM yang paling berkembang di Indonesia sebagai penyelenggara jasa telekomunikasi dan informasi. Tabel dibawah ini menunjukkan alokasi frekuensi operator Indosat di Indonesia berdasarkan *International Mobile Telecommunication* (IMT-2000).

Tabel 2.1. Alokasi Frekuensi Untuk Operator Indosat di Indonesia

Perusahaan	Jenis Lisensi	Teknologi	Frekuensi Uplink(MHz)	Frekuensi Downlink(MHz)	Bandwidth	Cakupan Lisensi
Indosat	STBS(Mobile)	GSM	890 - 900	935 – 945	20	Nasional
	STBS(Mobile)	GSM	1717.5-1722.5	1812.5-1817.5	10	Nasional
	STBS(Mobile)	GSM	1750 - 1765	1845 - 1860	30	Nasional
	STBS(Mobile)	UMTS	1950 - 1955	2140 – 2145	10	Nasional
	STBS(Mobile)	UMTS	1955 - 1960	2145 - 2150	10	Nasional

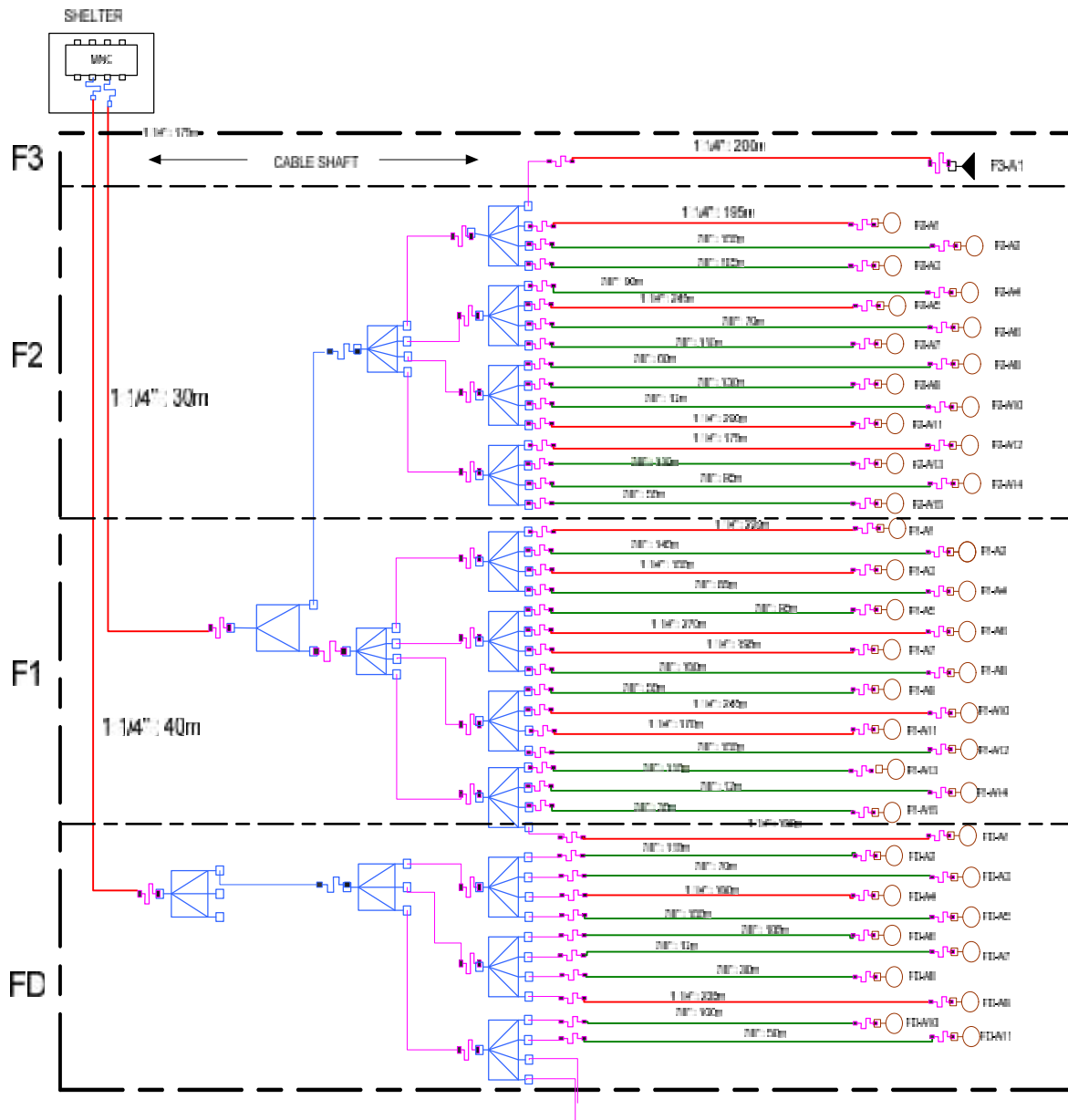
Sumber : IMT-2000

Indoor Building Coverage (IBC) yang dibangun di gedung MAL ska merupakan salah satu bentuk jasa pelayanan telekomunikasi operator Indosat kepada pemakai jaringan Indosat di Pekanbaru. Untuk membangun antenna IBC di MAL ska indosat melakukan kerja sama dengan sebuah vendor yaitu PT Maxima dalam hal pemasangan dan perencanaan IBC yang akan dipasang di gedung MAL ska Pekanbaru. Seluruh tanggung jawab pekerjaan pemasangan diserahkan Indosat kepada PT Maxima.

2.1.2 *Schematic Diagram* Indosat

Schematic diagram berfungsi untuk memberikan pemahaman tentang fungsi dan cara kerja dari suatu jaringan secara terperinci, menggambarkan peralatan atau komponen-komponen dalam bentuk symbol beserta sambungan-sambungannya. Tujuan dibuatnya *schematic diagram* adalah untuk memberikan informasi yang dibutuhkan dan jelas dalam membuat *wiring diagram* serta membantu dalam hal *trouble shooting*. Dengan dibuatnya *schematic diagram* ini pekerjaan merawat dan memperbaiki suatu jaringan menjadi lebih mudah, serta mempercepat dalam menentukan sumber kesalahan dalam rangkaian sehingga mempercepat waktu perbaikan.

Dalam pembangunan jaringan IBC di gedung MAL ska Pekanbaru *schematic diagram* dibuat oleh PT Maxima sebagai salah satu bentuk kerja sama yang dilakukan antara PT Indosat Tbk dengan PT Maxima. Di dalam *schematic diagram* tersebut terdapat berbagai komponen pasif yang digunakan untuk membangun jaringan IBC di MAL ska.



Gambar 2.2. *Schematic Diagram* Indosat di MAL ska

(Sumber : PT. Indosat Tbk 2008)

Gambar 2.2 merupakan desain perencanaan *schematic diagram* untuk sistem *Indoor Building Coverage (IBC)* di gedung MAL ska Pekanbaru. *Design schematic* yang akan diteliti pada tugas akhir ini di mulai dari lantai dasar hingga lantai dua gedung MAL ska.

Pada lantai dasar antenna *omni* berjumlah sebelas, dengan tiap-tiap antenna terhubung dengan kabel *feeder* menggunakan *jumper* 1 m. Tiap-tiap *feeder* yang terhubung ke antenna

memiliki jenis dan panjang kabel yang berbeda-beda, yaitu *feeder* 1 ¼ dan *feeder* 7/8. Jenis *feeder* yang digunakan menentukan panjang atau pendeknya jalur kabel tersebut. Jenis *feeder* 1 ¼ digunakan untuk panjang kabel dari 170 m – 250 m, sedangkan *feeder* 7/8 panjang kabel dari 12 m – 150 m.

Jenis-jenis komponen pasif yang dipilih dalam mendesain sistem IBC sangat mempengaruhi baik atau buruknya suatu jaringan. Kabel-kabel *feeder* dengan jenis dan panjang yang berbeda-beda tersebut disambungkan dengan *splitter* jenis *4-way splitter*. Jumlah *4-way splitter* yang berada pada lantai dasar ada 3, dengan tiap ujung *port* dari *splitter* itu tersambung lagi dengan *jumper* 1 m menuju *3-way splitter* yang ada di depannya. Dari *3-way splitter* dihubungkan lagi dengan *jumper* 5 m menuju salah satu *port 3-way splitter* berikutnya. *Splitter 3-way* ini menjadi ujung perjalan komponen pasif pada lantai satu, kemudian dari *splitter* tersebut ditarik kabel *feeder* sepanjang 40 m dengan jenis *feeder* 1 ¼ langsung menuju shelter yang berada di lantai atap gedung MAL ska Pekanbaru.

Berbeda dengan lantai dasar, seluruh antenna *omni* pada lantai satu dan dua berujung pada sebuah *splitter 2-way* dan dari *splitter* itu ditarik kabel *feeder* sepanjang 30 m dengan jenis yang sama yaitu *feeder* 1 ¼ langsung menuju shelter di lantai atap. Perbedaanannya adalah jumlah antenna *omni* pada lantai satu dan dua berjumlah 15 buah antenna dan di lantai tiga ada sebuah antenna *directional* yang tersambung dari *splitter 4-way* yang berada di lantai dua. Jumlah *splitter 4-way* pada lantai satu dan dua yang terhubung dengan antenna *omni* menggunakan kabel *feeder* berjumlah 4 buah *splitter* dan dari 4 buah *splitter* tersebut terhubung lagi dengan satu buah *splitter 4-way* dan berujung pada *2-way splitter*.

2.1.3 Komponen Pasif

Pada saat perencanaan jaringan, penentuan perangkat IBC yang diperlukan terdiri dari beberapa jenis komponen pasif. Adapun jenis-jenis komponen pasif yang akan digunakan pada saat pemasangan jaringan di MAL ska terdiri dari *Splitter*, *Jumper*, *Conector*, Kabel *feeder* dan antenna.

a. *Splitter*

Splitter adalah suatu komponen yang berfungsi membagi satu sinyal *Radio Frekuensi* (RF) menjadi dua, tiga atau lebih sesuai dengan jenis *splitter* yang

digunakan. Jenis *splitter* yang akan digunakan pada saat perencanaan IBC di gedung MAL ska Pekanbaru terdiri dari 2-way *splitter*, 3-way *splitter*, 4-way *splitter*.



Gambar 2.3. Jenis *Splitter* 2-way, 3-way dan 4-way

(Sumber : www.google.co.id)

Tabel 2.2. Spesifikasi Redaman *Splitter*

Type	2-Way	3-Way	4-Way
Operating Frequency Band (MHz)	A: 900	A: 900	A: 900
	B: 1800	B: 1800	B: 1800
	C: 2150	C: 2150	C: 2150
Transmission Loss (dB)	A: -3	A: -5	A: -6
	B: -3	B: -5	B: -6
	C: -3	C: -5	C: -6

Sumber : PT. Indosat Tbk

b. *Jumper*

Jumper berfungsi sebagai komponen penghubung dari satu komponen ke komponen yang lain. Pada perencanaan *schematic diagram* Indosat diatas *jumper* yang digunakan adalah jenis *jumper* 1 meter dan 5 meter.



Gambar 2.4. *Jumper*

(Sumber : www.google.co.id)

Tabel 2.3. Spesifikasi Redaman *Jumper*

Type	900 Mhz	1800 MHz	2150 MHz
<i>Jumper</i> 0.3 m	-0.091	-0.107	-0.113
<i>Jumper</i> 1.0 m	-0.164	-0.215	-0.238
<i>Jumper</i> 5.0 m	-0.58	-0.835	-0.95
<i>Conn N-Type</i>	-0.06	-0.06	-0.06

Sumber : PT. Indosat Tbk

c. *Connector*

Conector adalah komponen pasif yang dihubungkan pada ujung-ujung *jumper* agar dapat terhubung dengan komponen lain seperti kabel *feeder* maupun *splitter*. Jenis *connector* yang dipakai pada *schematic diagram* Indosat dalam mendesain IBC di MAL ska adalah jenis *connector* 1 ¼ dan *connector* 7/8.



Gambar 2.5. *Connector*

(Sumber : www.google.co.id)

Tabel 2.4. Spesifikasi Redaman *Connector*

Type	900 MHz	1800 MHz	2150 MHz
N-Type	-0.03	-0.03	-0.03

Sumber : PT. Indosat Tbk

d. Kabel *feeder*

Kabel *feeder* adalah komponen pasif berupa kabel yang memiliki beberapa jenis yaitu, *feeder* ½, 7/8, 1 ¼ dan 1 5/8. Dalam perencanaan IBC digedung MAL ska yang dibuat oleh Indosat kabel *feeder* yang digunakan adalah jenis *feeder* 1 ¼ dan *feeder* 7/8. Setiap jenis dan panjang dari kabel *feeder* yang digunakan untuk jaringan memiliki nilai redaman yang berberda-beda.



Gambar 2.6. *Coaxial Cables*

(Sumber : www.google.co.id)

Tabel 2.5. Spesifikasi Redaman *Feeder*

Type	900 Mhz	1800 MHz	2150 MHz
<i>Feeder 1 5/8</i>	-0.023	-0.036	-0.04
<i>Feeder 1 1/4</i>	-0.028	-0.042	-0.046
<i>Feeder 7/8</i>	-0.038	-0.057	-0.062
<i>Feeder 1/2</i>	-0.068	-0.1	-0.11

Sumber : PT. Indosat Tbk

e. Antena

Antena adalah suatu perangkat yang dapat memancarkan dan menerima sinyal elektromagnetik terbimbing menuju ruang bebas ataupun sebaliknya. Dua jenis Antena yang dipakai di gedung MAL ska adalah Antena *omni-directional* dan Antena *directional*.



Gambar 2.7. Antena *omni-directional* dan Antena *directional*

(Sumber : www.google.co.id)

Tabel 2.6. Spesifikasi Redaman Antena *Omni* dan Antena *Directional*

Type	Antena <i>Omni-directional</i>	Antena <i>Directional</i>
Operating Frequency Band (MHz)	900~2150	900~2150
Gain (dB)	3	5

Sumber : PT. Indosat Tbk

f. *Tapper*

Tapper adalah komponen pasif yang masing-masing portnya mempunyai nilai redaman yang berbeda-beda. Fungsi *tapper* adalah membagi satu sinyal menjadi dua sinyal yang jenisnya terdiri dari *tapper 7*, *tapper 10* dan *tapper 15*.



Gambar 2.8. *Tapper*

(Sumber : www.google.co.id)

Tabel 2.7. Spesifikasi Redaman *Tapper*

Type	900 Mhz	1800 MHz	2150 MHz
<i>Tapper 7</i>	-1	-1	-1
<i>Tapper 10</i>	-0.4	-0.4	-0.4
<i>Tapper 15</i>	-0.1	-0.1	-0.1
MNC	-6.7	-6.7	-6.7

Sumber : PT. Indosat Tbk

2.1.4 *Link Budget* MAL ska Pekanbaru

Link budget adalah suatu perhitungan yang dipakai ketika tahap perencanaan sebelum sebuah jaringan itu dibangun atau diaktifkan sinyalnya. Dalam perhitungan *link budget* memberikan gambaran nilai radiasi antena, yaitu *Effective Isotropic Radiated Power* (EIRP) dan kekuatan sinyal yang dihasilkan oleh antena yang disebut *Received Signal Code Power* (RSCP), (Indra Surjati (2008)). Pada tahap perencanaan pembangunan IBC di MAL ska Pekanbaru sebelumnya telah dibuat perhitungan *link budget* yang bertujuan untuk mengetahui performansi jaringan yang akan dihasilkan dari perencanaan.

Tujuan utama dari desain *link budget* adalah bagaimana cara mendistribusikan daya dari BTS ke setiap Antena pada setiap lantai di dalam bangunan. Biasanya salah satu alat bantu yang digunakan dalam mendesain perhitungan *link buget* adalah sebuah program seperti *microsoft exel*. Data *link budget* berisi perhitungan untuk membantu proses perencanaan yang akan digunakan untuk mendapatkan daya keluaran maksimum disetiap Antena dengan semua komponen yang digunakan dalam desain seperti *splitter*, *jumper*, *connector* dan kabel *feeder*.

Perhitungan *link budget* pada perencanaan yang telah dibuat operator Indosat terdiri dari Antena *omni* yang berada pada lantai dasar, lantai satu dan lantai dua. Adapun salah satu perhitungan *link budget* pada lantai dasar ditunjukkan pada tabel 2.8.

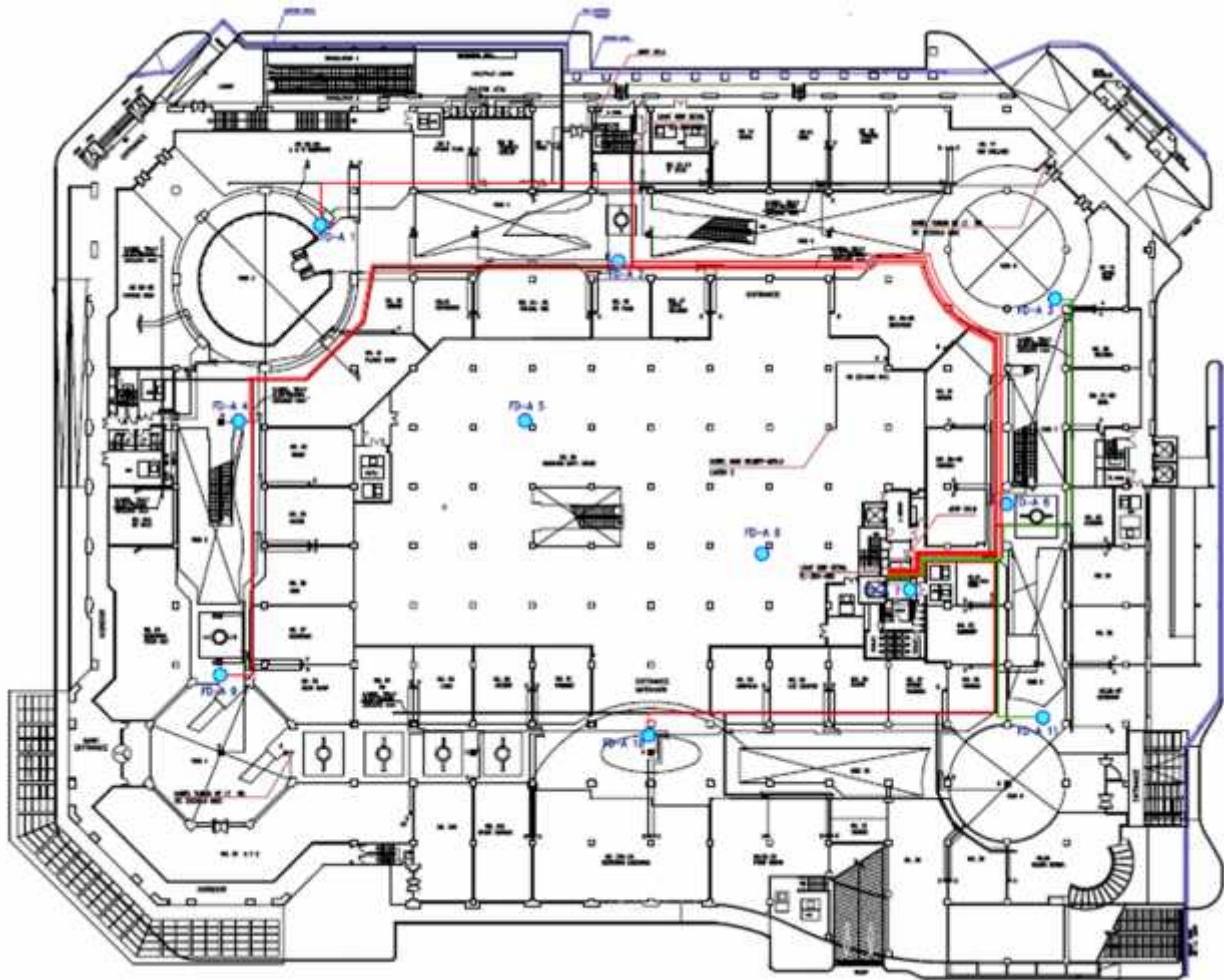
Tabel 2.8. *Link Budget* Antena IBC di MAL ska Pekanbaru Lantai Dasar Frekuensi 900MHz

Antena <i>Omni</i>	Gain Antena (dB)	Loss <i>Jumper 1</i> (dB)	Loss Conector (dB)	Kabel 1		Loss Conector (dB)	Loss <i>Jumper 2</i> (db)	Loss Power Devider 1 (dB)	Loss <i>Jumper 3</i> (db)	Loss Power Devider 2 (db)
				Panjang (m)	Loss (dB)					
FD-A1	3	-0.164	-0.03	190	-5.32	-0.03	-0.58	-6	-0.164	-5
FD-A2	3	-0.164	-0.03	115	-4.37	-0.03	-0.164	-6	-0.164	-5
FD-A3	3	-0.164	-0.03	70	-2.66	-0.03	-0.164	-6	-0.164	-5
FD-A4	3	-0.164	-0.03	190	-5.32	-0.03	-0.164	-6	-0.164	-5
FD-A5	3	-0.164	-0.03	155	-5.89	-0.03	-0.164	-6	-0.164	-5
FD-A6	3	-0.164	-0.03	105	-3.99	-0.03	-0.164	-6	-0.164	-5
FD-A7	3	-0.164	-0.03	12	-0.456	-0.03	-0.164	-6	-0.164	-5
FD-A8	3	-0.164	-0.03	30	-1.14	-0.03	-0.164	-6	-0.164	-5
FD-A9	3	-0.164	-0.03	235	-6.58	-0.03	-0.164	-6	-0.164	-5
FD-A10	3	-0.164	-0.03	100	-3.8	-0.03	-0.164	-6	-0.164	-5
FD-A11	3	-0.164	-0.03	50	-1.9	-0.03	-0.164	-6	-0.164	-5
Loss <i>Jumper 4</i> (dB)	Loss Power Devider 3 (dB)	Loss <i>Jumper 5</i> (dB)	Loss Conector (dB)	Kabel 2		Loss Conector (dB)	Loss <i>Jumper 6</i> (dB)	Loss MNC (dB)	Loss <i>Jumper 7</i> (dB)	Output BTS (dBm)
				Panjang (m)	Loss (dB)					
-0.58	-3	-0.164	-0.03	33	-0.924	-0.03	-0.164	-6.7	-0.58	41
-0.58	-5	-0.164	-0.03	44	-1.232	-0.03	-0.164	-6.7	-0.58	41
-0.58	-5	-0.164	-0.03	44	-1.232	-0.03	-0.164	-6.7	-0.58	41
-0.58	-5	-0.164	-0.03	44	-1.232	-0.03	-0.164	-6.7	-0.58	41
-0.58	-5	-0.164	-0.03	44	-1.232	-0.03	-0.164	-6.7	-0.58	41
-0.58	-5	-0.164	-0.03	44	-1.232	-0.03	-0.164	-6.7	-0.58	41
-0.58	-5	-0.164	-0.03	44	-1.232	-0.03	-0.164	-6.7	-0.58	41
-0.58	-5	-0.164	-0.03	44	-1.232	-0.03	-0.164	-6.7	-0.58	41
-0.58	-5	-0.164	-0.03	44	-1.232	-0.03	-0.164	-6.7	-0.58	41
-0.58	-5	-0.164	-0.03	44	-1.232	-0.03	-0.164	-6.7	-0.58	41

(Sumber : PT Indosat Tbk)

2.1.5 Wiring Kabel

Wiring kabel dibuat untuk mengetahui jalur kabel yang akan dilalui dari ruang AHU menuju antenna *omni*. Fungsi *wiring* kabel pada perencanaan adalah meminimalisir nilai redaman kabel *feeder* yang digunakan, semakin panjang jalur kabel yang akan dicapai dari AHU menuju antenna *omni* maka semakin besar pula nilai redaman kabel *feeder* tersebut. Salah satu contoh jalur kabel dari ruang AHU menuju antenna pada lantai dasar ditunjukkan pada gambar 2.9.



Gambar 2.9. *Wiring* Kabel Antena *Omni* Lantai Dasar

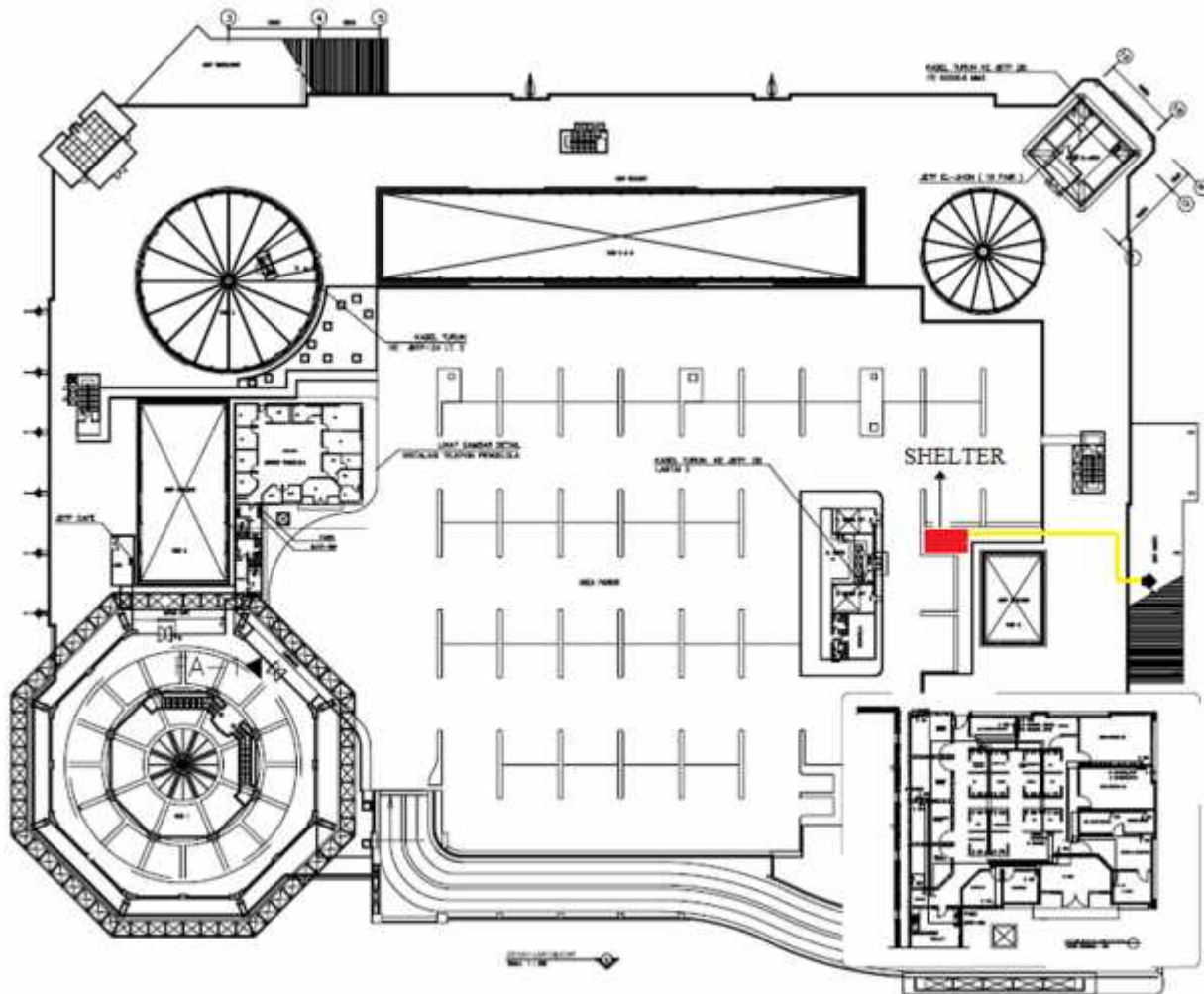
(sumber : PT Indosat Tbk 2008)

Pada gambar 2.9 dapat diketahui jalur yang dilewati kabel menuju antenna *omni*, panjang atau pendeknya kabel yang digunakan tergantung dari jalur yang akan dilewatinya. Pada *wiring* kabel Antena lantai dasar diketahui jalur yang paling jauh dilewati oleh kabel antenna 9 (A9) dan

jalur terpendek dilewati oleh kabel Antena 8 (A8). Secara menyeluruh *wiring kabel* disetiap lantai dapat dilihat pad lampiran.

2.1.6 Layout Shelter

Pada sistem IBC shelter disebut juga dengan rumah perangkat. Beberapa macam perangkat yang berada di dalam shelter antara lain adalah perangkat dari teknologi 2G dan 3G. BTS dari sistem IBC juga berada di dalam rumah perangkat (shelter). Definisi dari layout shelter adalah posisi dimana rumah perangkat itu ditempatkan, biasanya posisi shelter ditempatkan pada puncak gedung seperti atap-atap gedung. Posisi shelter dari operator Indosat untuk sistem IBC di gedung MAL ska Pekanbaru terlihat pada gambar 2.10.

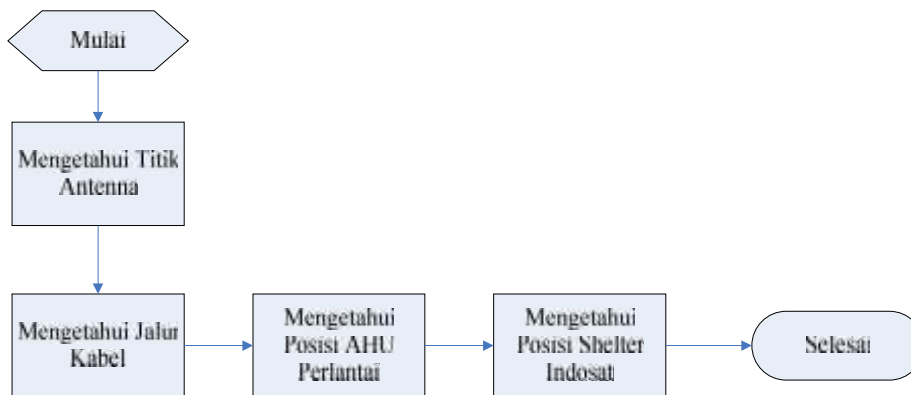


Gambar 2.10. *Layout Shelter* di Atap Gedung MAL ska

(sumber : PT Indosat Tbk 2008)

2.2 Survey Lapangan

Survey lapangan di MAL ska dilakukan untuk mengetahui lokasi titik-titik Antena *indoor* serta jalur kabel dari Antena *indoor* menuju shelter yang berada di lantai atap MAL ska. Fungsi dilakukannya survey lapangan ini untuk mengetahui desain yang telah direncanakan atau dibuat oleh operator sama dengan yang telah dipasang di gedung MAL ska pekanbaru. Adapun tahap-tahap dalam melakukan survey lapangan ditunjukkan pada gambar 2.11.



Gambar 2.11. *Flowchart* Survey Lapangan

Tahap survey lapangan dimulai dengan mengetahui lokasi titik Antena yang berada di atap tiap lantai gedung MAL ska, kemudian dari titik-titik Antena *omni* tersebut dilihat jalur kabel yang dibuat dari Antena menuju ruang AHU di setiap lantai. Panjang kabel yang digunakan pada tiap-tiap Antena sangat menentukan level daya terima yang akan dihasilkan oleh Antena *omni* tersebut. Mengetahui posisi ruang AHU perlantai sangat penting karena jalur kabel yang dibuat seluruhnya pada tiap-tiap lantai akan berakhir di ruang AHU. Kemudian dari ruang AHU tersebut kabel akan ditarik langsung keatas atap gedung MAL ska menuju shelter.

Setelah dilakukannya survey lapangan diketahui beberapa perangkat IBC yang telah terimplementasi di gedung MAL ska terdiri dari beberapa komponen seperti Antena *microwave*, shelter dan ruang AHU.

2.2.1 Antena Microwave

Microwave adalah bentuk dari pancaran radio yang di transmisikan melalui udara dan diterima dengan menggunakan peralatan seperti Antena yang dipasang diatas gedung yang tinggi

atau tower. Untuk melakukan transmisi harus dihindari adanya penghalang pada Antena *microwave* sehingga antena tetap dalam posisi *Line of Sight* (LoS)

Dalam perencanaan pembangunan IBC menentukan posisi Antena *microwave* adalah salah satu hal yang sangat penting. Letak yang strategis adalah tempat yang dinilai paling tinggi diantara kondisi yang ada disekitarnya. Pada Antena IBC yang sudah terpasang di gedung MAL ska Pekanbaru letak Antena *microwave* berada di atas atap gedung.



Gambar 2.12. Antena *Microwave*

2.2.2 Shelter

Shelter adalah sebuah tempat atau bisa juga disebut rumah untuk beberapa perangkat *indoor* seperti *combiner*, RBS 2G dan 3G serta *rectifier*. Di dalam shelter terdapat *Multi Network Combiner* (MNC) yang berfungsi menggabungkan dua sinyal menjadi satu sinyal. Jadi Antena Indosat yang ada di MAL ska mengirim dua teknologi, yaitu teknologi 2G dan 3G karena sinyal 2G dan 3G digabungkan oleh *multi network combiner* yang berada di shelter.



Gambar 2.13. Shelter

2.2.3 Ruang AHU/Ruang Panel

Ruang AHU adalah sebuah tempat dimana *power divider* berada, dengan kata lain AHU merupakan terminal *splitter*. Di dalam AHU sinyal dari shelter dibagi menjadi beberapa sinyal disetiap lantai, karena ruang AHU berada di tiap-tiap lantai gedung MAL ska Pekanbaru.



Gambar 2.14. Ruang AHU

2.3 Parameter Walk Tests

Banyak hasil yang dapat dilihat setelah melakukan pengukuran atau *walk test*, yaitu parameter-parameter frekuensi yang menentukan performansi dari sebuah jaringan. Di dalam jaringan, sebuah Antena dapat memiliki dua teknologi secara langsung yaitu teknologi 2G dan 3G. Setiap teknologi memiliki parameter yang berbeda-beda, namun yang paling penting adalah parameter yang harus diketahui bagi pemula sebelum melakukan *walk test*. Parameter-parameter tersebut terdiri dari :

1. *Broadcast Control Channel* (BCCH) = adalah frekuensi yang digunakan dalam GSM untuk *downlink* BTS ke MS (berkisar antara 890MHz-915MHz), untuk GSM frekuensinya yaitu 900MHz.
2. *Absolute Radio Frequency Channel* (ARFCN) = adalah sebuah kanal yang digunakan untuk mewakili berapa nilai dari frekuensi.
3. *Cell Global Identity* (CGI) terdiri dari :
 - a. *Mobile Country Code* (MCC) yaitu kode *handset* negara, untuk Indonesia MCC yang dipakai adalah 510.
 - b. *Mobile Network Code* (MNC) yaitu kode jaringan *handset* yang nilainya tergantung dari operator yang digunakan.

- c. *Local Area Code* (LAC) yaitu kode area atau daerah, dimana setiap daerah memiliki kode tertentu yang sudah ditentukan operator.
 - d. *Cell Id* (CI) yaitu parameter yang harus diperhatikan pada saat melakukan *walk test* agar tidak salah *site* karena setiap *cell* memiliki kode ID masing-masing.
4. *Base Station Identity Code* (BSIC) = adalah kode untuk sebuah BTS yang berfungsi untuk membedakan antar BTS terutama BTS-BTS yang mempunyai BCCH ARFCN yang sama.

Selain parameter-parameter diatas, ada beberapa parameter lain yang harus diperhatikan untuk melakukan optimasi jaringan. Parameter tersebut terdiri dari parameter 2G dan parameter 3G. Pada dasarnya kedua teknologi tersebut memiliki parameter yang sama hanya namanya saja yang berbeda, yaitu :

1. Parameter 2G

Teknologi 2G atau yang biasa dikenal dengan sebutan *Global Sistem for Mobile Communication* (GSM) memiliki beberapa parameter yang harus diperhatikan saat melakukan *walk test* dalam mode *idle* yang bertujuan untuk proses optimasi seperti Rx Level dan *Timing Advance* (TA). Adapun penjelasan dari parameter tersebut yaitu :

- a. Rx Level, adalah level sinyal *downlink* yang diterima MS baik dalam kondisi *idle* maupun saat kondisi *dedicated*. Besarnya nilai level daya tersebut dapat dibaca saat melakukan *walk test* dalam rentang nilai minus dBm. Standar nilai Rx Level pada masing-masing operator berbeda-beda, namun pada tugas akhir ini standar nilai Rx Level yang dipakai untuk operator Indosat terlihat pada tabel 2.9.

Tabel 2.9. Range Nilai Rx Level Operator Indosat

Warna	Rentang Nilai (dBm)	Golongan
● Biru	-50 hingga -10	Sangat Bagus
● Hijau	-80 hingga -50	Bagus
● Kuning	-90 hingga -80	Sedang
● Oranye	-100 hingga -90	Buruk
● Merah	-110 hingga -100	Sangat Buruk

- b. *Timing Advance* (TA), adalah jarak antara *mobile station* dengan Antena yang memiliki rentang nilai dari 0 sampai 8. Semakin besar nilai TA maka semakin jauh jarak MS dari Antena.

2. Parameter 3G

UMTS merupakan teknologi yang mendukung kemampuan generasi ketiga (3G) yang menggunakan teknologi akses *Wideband Code Division Multiple Acces* (WCDMA). Parameter WCDMA terdiri dari *Received Signal Code Power* (RSCP) dan *Received Signal Strenght Indicator* (RSSI).

- a. *Received Signal Code Power* (RSCP), adalah tingkat kekuatan sinyal di jaringan 3G yang diterima oleh mobile station. Nilai yang ditunjukkan oleh RSCP adalah daya pada sinyal yang melayani MS yang utama. Pada dasarnya istilah RSCP di jaringan 3G sama halnya dengan RxLevel di jaringan 2G. Range nilai RSCP untuk operator Indosat adalah sebagai berikut :

Tabel 2.10. Range Nilai RSCP Operator Indosat

Warna	Rentang Nilai (dBm)	Golongan
● Hijau	-85 hingga -15	Bagus
● Kuning	-100 hingga -85	Sedang
● Merah	-120 hingga -100	Buruk

- b. *Received Signal Strenght Indicator* (RSSI), adalah parameter yang menunjukkan daya terima dari seluruh sinyal pada band frekuensi kanal yang diukur. Level sinyal yang diterima di penerima (MS) dan nilainya harus lebih besar dari sensitivitas perangkat penerima (RSSI Rth). Range nilai dari RSSI yang ditentukan operator Indosat untuk mengetahui performansi jaringan yaitu dari -20dBm sampai dengan -130dBm.

Tabel 2.11. Range Nilai UTRA Carrier RSSI Operator Indosat

Warna	Rentang Nilai (dBm)	Golongan
● Hijau	-45 hingga -20	Bagus
● Kuning	-80 hingga -45	Sedang
● Merah	-130 hingga -80	Buruk

2.4 Area dan Waktu Penelitian

Penelitian pada tugas akhir ini dilaksanakan di dalam gedung MAL ska Pekanbaru pada area-area dan wilayah tertentu seperti antenna yang berada pada lorong-lorong lantai dasar, lantai

satu dan lantai dua. Karena sulitnya untuk mendapatkan izin untuk melakukan pengukuran di area yang sama sekali tidak boleh membawa barang-barang elektronik seperti MATAHARI penulis tidak membahas antena *omni* yang berada di dalam wilayah tersebut. Sedangkan waktu yang dibutuhkan penulis untuk melakukan pengukuran adalah selama 1 hari yaitu pada tanggal 18 Desember 2012 dimulai pada pagi hari pukul 10.00 WIB.

2.5 Pengukuran

Pengukuran atau *walk test* adalah kegiatan mengumpulkan data pengukuran kualitas sinyal suatu jaringan di dalam sebuah bangunan atau gedung yang bertujuan untuk meningkatkan jaringan tersebut dan mengembangkan kapasitasnya. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui level sinyal yang dihasilkan Antena *omni* yang telah terpasang di gedung MAL ska Pekanbaru. Pengukuran yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan *mode idle* (handset tidak melakukan panggilan). Hasil pengukuran ini nantinya akan dibandingkan dengan desain perencanaan yang telah dibuat sebelumnya oleh PT Indosat Tbk. Pengukuran yang dilakukan dengan cara berjalan kaki atau biasa disebut dengan nama *walk test* adalah suatu pekerjaan yang bertujuan untuk mengumpulkan data dari hasil pengukuran kualitas sinyal suatu jaringan. *Walk test* merupakan bagian dari proses optimasi yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas sinyal suatu jaringan dan mengembangkan kapasitas jaringan tersebut. *Walk test* merupakan salah satu kegiatan radio frekuensi *engineer* untuk mencapai tingkat optimum dari performansi jaringan berdasarkan *Quality of Service (QoS)*.

Tahap-tahap persiapan untuk melakukan pengukuran terdiri dari :

1. Datang ke lapangan
2. Mempersiapkan perangkat yang akan digunakan, perangkat yang akan digunakan terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras terdiri dari notebook, hp sony erricson k800, kabel USB dan *dongle*. Sedangkan perangkat lunaknya adalah *software* TEMS 9.1 yang sudah terinstal sebelumnya pada notebook dan hp sony erricson k800.
3. Menyiapkan data pendukung seperti MAP dan rute yang akan dilalui.
4. Membuat skenario *walk test* sesuai dengan tujuan.
5. Memilih waktu *walk test* sesuai tujuan, pada jam sibuk atau tidak.
6. Membuat *workspace* atau parameter-parameter yang akan ditampilkan pada saat pengukuran.

7. Melakukan pengukuran, pengukuran dilakukan dengan cara berjalan kaki mengelilingi gedung MAL ska dimulai dari lantai dasar hingga lantai dua dengan membawa alat yang akan digunakan.

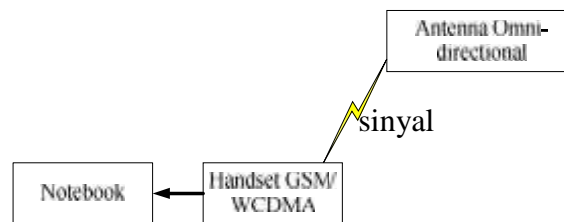
Adapun beberapa fungsi dengan melakukan *walk test* adalah :

1. Mengecek kualitas sinyal pada area yang di test.
2. Membandingkan hasil periode lalu dengan sekarang atau membandingkan satu operator dengan operator lainnya, mana yang lebih baik atau sudah membaik.
3. Untuk keperluan optimasi, agar bisa lebih dioptimalkan lagi kualitas sinyalnya.

2.5.1 Metodologi Pengukuran

Metodologi pengukuran dalam penelitian ini terdiri dari menentukan model sistem, menentukan parameter yang akan diukur, melakukan pengujian perangkat.

- a. Menentukan Model Sistem



Gambar 2.15. Model Sistem Pengukuran

Mobile Station (MS) atau yang biasa dikenal dengan *handset* menerima dan mengukur sinyal dari Antena *omni* kemudian memberikan data ke komputer. Data akan diolah dikomputer dan hasil pengolahan akan memberikan informasi kinerja jaringan pada lokasi atau area tertentu.

- b. Menentukan Parameter yang Akan Diukur

Parameter yang diukur berkaitan dengan kinerja jaringan pada teknologi GSM dan WCDMA antara lain level sinyal yang diterima dari *serving cell* (Rx Level) dan *Received Signal Code Power* (RSCP).

- c. Pengujian Perangkat

Perangkat diuji secara bergerak di dalam gedung untuk mendapatkan sinyal dari Antena. Pergerakan dilakukan di berbagai wilayah di gedung MAL ska dimulai dari lantai dasar

hingga lantai dua. Data harus dapat disimpan untuk ditampilkan kapanpun diinginkan. Data yang dihasilkan adalah data yang mengacu pada standar teknologi 2G dan 3G.

2.5.2 Alat *Walk test* yang Digunakan

Alat yang akan digunakan pada saat melakukan *walk test* terdiri dari notebook, hp Sony Ericsson K800, kabel USB, dongle dan software TEMS Investigation 9.1.

1. Notebook

Notebook yang telah diinstal dengan TEMS Investigation 9.1 berfungsi mengolah data hasil pengukuran agar hasil dapat ditampilkan atau dilihat kapanpun sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 2.16. Notebook

2. Hp Sony Ericsson K800

Sony Erricson K800 merupakan salah satu *handset* yang digunakan untuk mendukung *software* TEMS Investigation 9.1. Di dalam *handset* yang akan digunakan pada saat melakukan *walk test* harus handset yang sudah diinstal *software* TEMS Investigation 9.1.



Gambar 2.17. *Handset* Sony Ericsson K800

3. Kabel USB Sony Ericsson K800

Kabel USB yang digunakan berfungsi menghubungkan notebook dengan *handset* sony ericsson K800 dengan *port* yang sesuai pada *handset* tersebut.



Gambar 2.18. Kabel USB Sony Ericsson K800

4. Dongle

Dongle adalah sebuah alat berupa USB seperti flash disk yang terkoneksi pada sebuah komputer. Fungsi dari *dongle* ini adalah untuk memproteksi sebuah atau beberapa program (*software*), jadi *software* baru dapat dijalankan bila *dongle* tersebut terkoneksi dengan komputer. Tujuan dibuatnya *dongle* itu sendiri agar *software* yang dibuat atau dijual tidak dapat dicopy dan diinstal disembarang komputer tanpa lisensi (*dongle*) tersebut.

Di dalam *dongle* terdapat kode-kode tertentu yang dapat menjalankan sebuah *software*. *Dongle* yang ideal tidak hanya menyimpan kode-kode kecil melainkan menyimpan fungsi dari *software* tersebut. Dengan adanya *dongle* maka sebuah *software* hanya bisa dipakai oleh satu komputer pada saat yang sama.



Gambar 2.19. Dongle

2.5.3 Pengolahan Data

Dalam melakukan pengolahan data hasil pengukuran digunakan sebuah *software* yang dinamakan dengan TEMS Investigation 9.1. TEMS adalah singkatan dari *test mobile sistem* yang merupakan perangkat keluaran ericsson untuk *drive test*. TEMS terdiri dari beberap tipe yaitu TEMS Investigation dan TEMS Light. TEMS Investigation digunakan untuk *drive test* diluar ruangan (*outdoor*), akan tetapi mulai dari versi 4 sudah dapat digunakan untuk *drive test* di dalam ruangan (*indoor*). TEMS yang digunakan pada penelitian ini adalah TEMS Investigation versi 9.1.



Gambar 2.20. TEMS Investigation versi 9.1

Jenis-jenis pengukuran menggunakan TEMS Investigation ada 3 yaitu :

a. *Idle mode*

Mode idle adalah pengukuran kualitas sinyal yang diterima MS dalam keadaan diam atau tidak melakukan panggilan/sms. Biasanya *mode* ini dilakukan hanya untuk mengetahui kuat sinyal suatu area yang terindikasi *low signal/no service*.

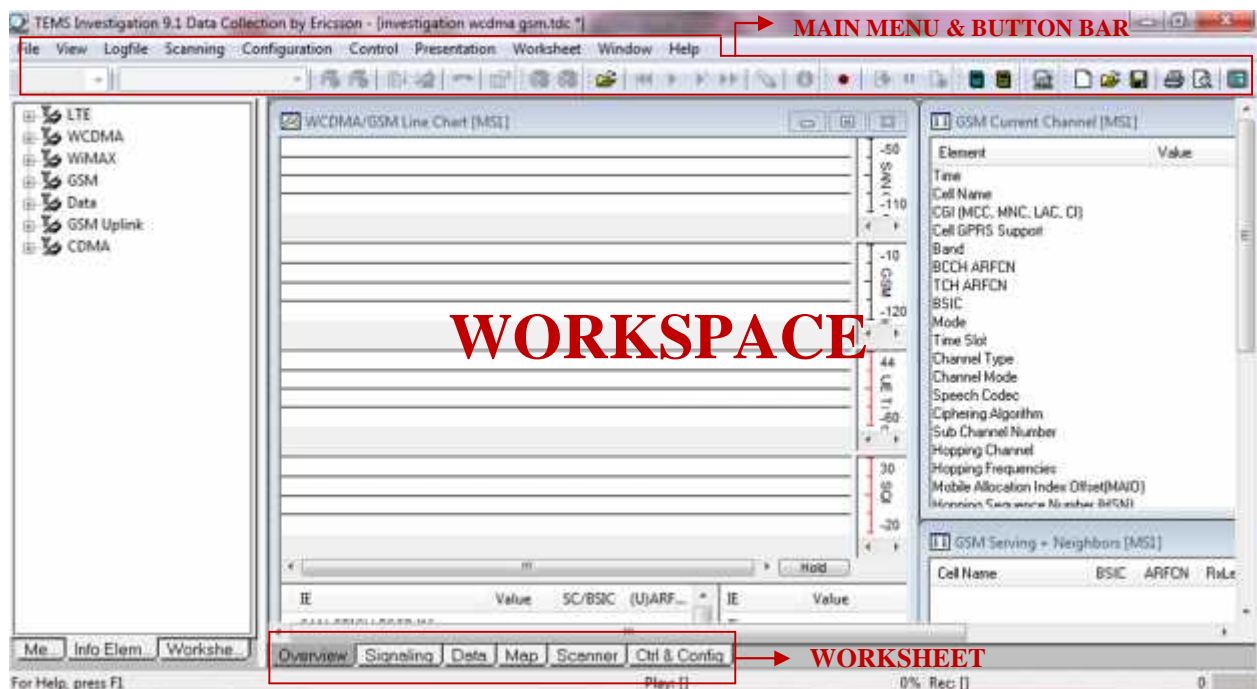
b. *Dedicated mode*

Mode dedicated yaitu mengukur kualitas sinyal dengan melakukan panggilan baik *long call* ataupun *short call*. *Dedicated mode* dilakukan untuk mengukur kualitas suara suatu jaringan.

c. *Quality of Service (QoS) mode*

QoS mode yaitu pengukuran kualitas sinyal diikuti dengan pendudukan kanal dengan metode *call setup* dan *call end* dengan *command sequence* tertentu.

Tampilan lembar kerja pada TEMS Investigation 9.1 yang menampilkan parameter-parameter disebut dengan *workspace*. Di dalam *workspace* terdapat beberapa menu yang terdiri dari *info elemen* dan *worksheet*.



Gambar 2.21. Tampilan Workspace TEMS Investigation 9.1

Tampilan *workspace* pada gambar 2.21 merupakan tampilan TEMS Investigation yang masih standar. Pada saat melakukan *walk test* atau *reply logfile* tidak semua *main menu* dan *button bar* yang akan digunakan tetapi hanya beberapa *main menu* dan *button bar* tertentu sesuai dengan kebutuhan. Beberapa menu yang diperlukan pada saat melakukan *walk test* terdiri dari :

1. *Logfile*

Logfile merupakan fasilitas penyimpanan data hasil *walk test* pada *software* TEMS Investigation. *Logfile* ini merupakan rekaman data pada saat *walk test* yang dapat diputar kembali. *Logfile* berfungsi sebagai salah satu fasilitas yang memungkinkan pengguna untuk menganalisa permasalahan yang terjadi setelah melakukan pengukuran.

2. *Recording*

Fasilitas *recording* pada *software* TEMS berfungsi merekam data pada saat melakukan pengukuran. Data hasil rekaman akan disimpan dalam bentuk *logfile*.

3. *Generate report*

Generate report berfungsi mengubah atau mengolah data hasil pengukuran (*logfile*) menjadi data dalam bentuk *histogram* atau grafik batang.

4. *Info elemen*

Info elemen dapat menentukan parameter-parameter dari semua teknologi yang akan digunakan seperti *Long Term Evolution* (LTE), *Wideband Code-Division Multiple Access* (WCDMA), WiMAX, GSM, data, GSM *uplink* dan CDMA untuk menentukan kinerja dari teknologi yang akan diukur.

5. *Worksheet*

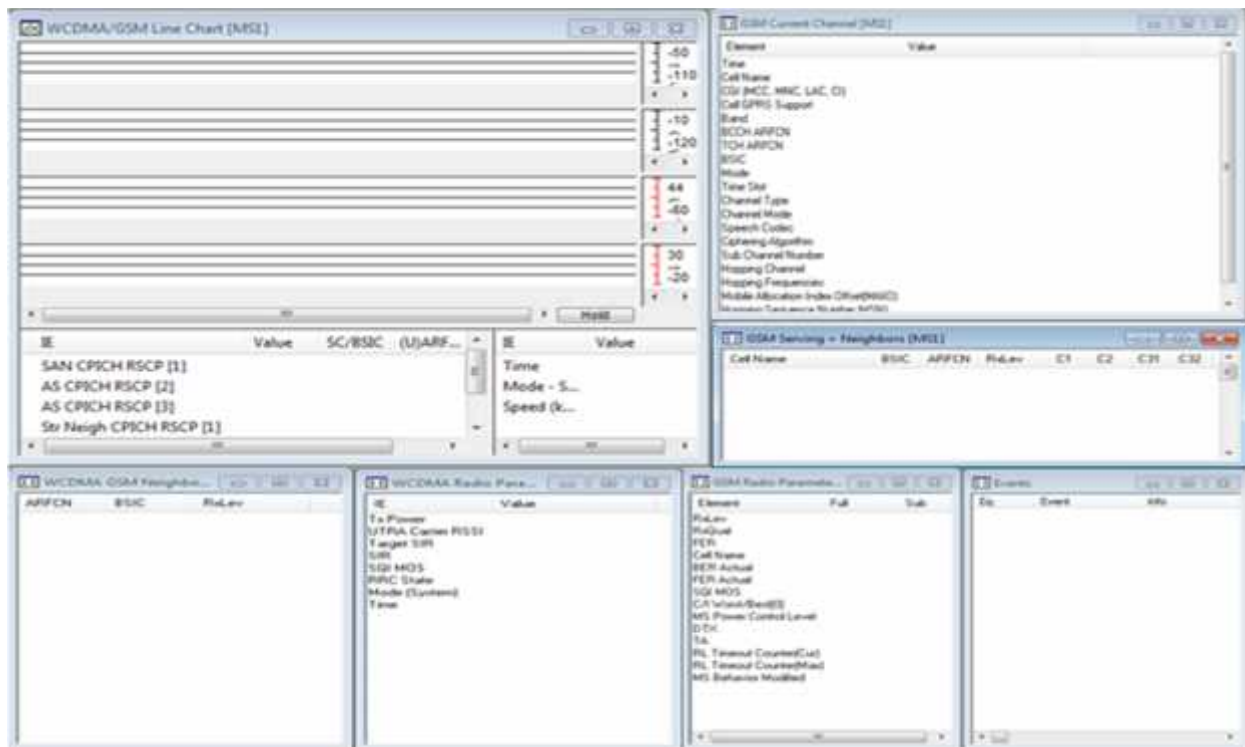
Worksheet berisi beberapa halaman kerja yang diperlukan seperti overview, signaling, data, map, scanner dan control & configuration.

6. *Overview*

Di dalam tap *overview* terdapat beberapa tabel pembacaan informasi dari sinyal yang diakuisisi oleh *software* TEMS Investigation 9.1 seperti WCDMA/GSM *Line Chart*, GSM *Current Channel*, GSM *Serving+neighbors*, WCDMA GSM *Neighbors*, WCDMA Radio Parameters, GSM Radio Parameters dan events. Berikut penjelasan dari beberapa tabel pembacaan informasi pada *tap overview* :

- a. WCDMA/GSM *Line Chart* berfungsi menampilkan grafik dari tiap posisi MS pada saat melakukan pengukuran.
- b. GSM *Current Channel* menampilkan informasi data yang diterima oleh MS dari sinyal BTS berupa identitas dari *cell* yang *serving*.

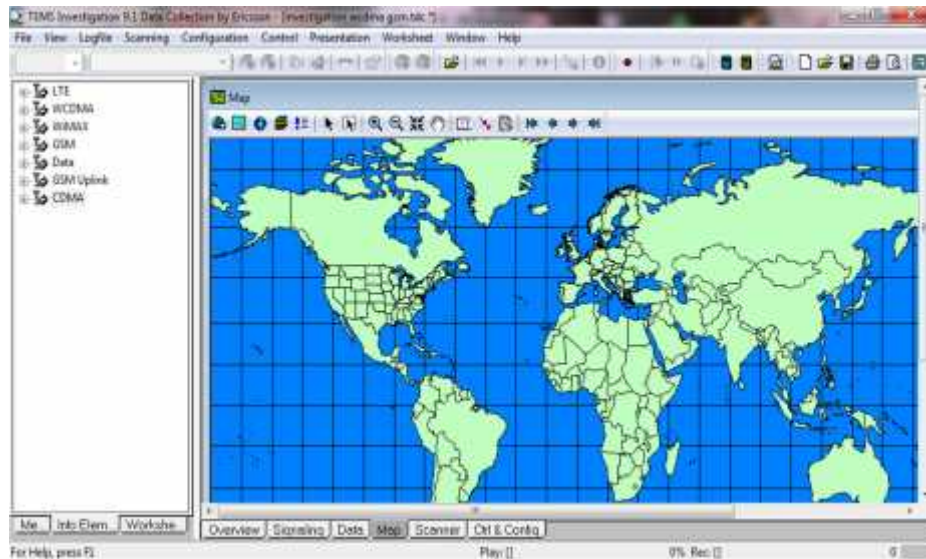
- c. GSM *Serving+neighbors* berfungsi menampilkan informasi mengenai level daya yang diterima oleh MS dari BTS baik *serving* maupun *neighbors*.
- d. WCDMA Radio Parameters menampilkan data berupa level daya yang diterima MS pada *cell serving*.
- e. GSM Radio Parameters menampilkan data berupa level daya yang diterima MS pada *cell serving*.
- f. *Events* menampilkan data berupa informasi kejadian yang terjadi pada MS pada saat melakukan pengukuran.



Gambar 2.22. Tabel Pembacaan Informasi Pada Tap Overview

7. Map

Tap map berfungsi menampilkan denah atau *route* perjalanan dari bangunan yang akan dilalui pada saat melakukan pengukuran. Hasil pengukuran pada tap map tidak dapat menampilkan nilai dan koordinat dari posisi MS pada saat melakukan pengukuran.



Gambar 2.23. Tap Map pada *software* TEMS Investigation 9.1

2.6 Kegiatan Analisa Performansi Jaringan

Analisa performansi jaringan dilakukan dengan cara melakukan perhitungan *link budget*. Perhitungan *link budget* yang dilakukan untuk menentukan performansi jaringan dalam penelitian ini mengacu pada perhitungan nilai EIRP dari *link budget* yang telah dibuat operator Indosat sebelumnya dan membandingkannya dengan hasil pengukuran sinyal yang telah dilakukan dengan mempertimbangkan *loss* penetrasi menggunakan model *free space loss*.

2.7 Pembuatan Desain Optimasi

Kegiatan pembuatan desain optimasi jaringan dilakukan setelah melakukan tahap analisis performansi jaringan yang dihasilkan dari pengukuran yang dilakukan dan perhitungan *link budget* yang telah dibuat. Desain optimasi jaringan yang akan dibuat berfungsi untuk mengoptimalkan jaringan 2G dan 3G pada implementasi *Indoor Building Coverage* (IBC) di MAL ska Pekanbaru. Hasil dari desain optimasi yang dibuat berupa nilai EIRP baru yang diharapkan dapat meningkatkan performansi jaringan 2G dan 3G agar menjadi lebih baik dari sebelumnya.

BAB III

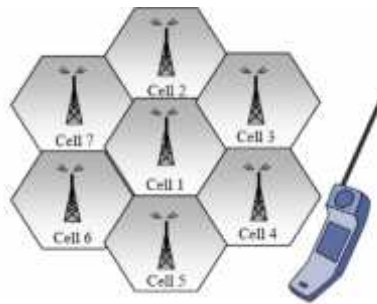
TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Konsep Teknologi Seluler

Sistem komunikasi bergerak yaitu sistem komunikasi yang digunakan untuk memberikan layanan jasa telekomunikasi bagi *Mobile Station* (MS) yang bergerak, maksudnya adalah *mobile station* mampu bergerak secara bebas di dalam area layanan (*coverage*) sambil berkomunikasi tanpa terjadi pemutusan sambungan.

3.1.1 Cells

Cells merupakan unit yang paling dasar dalam sistem komunikasi seluler. Sel – sel pada komunikasi seluler mempunyai area tertentu yang dapat dijangkau oleh *mobile station* dengan jangkauan sesuai dengan kemampuan sel tersebut.

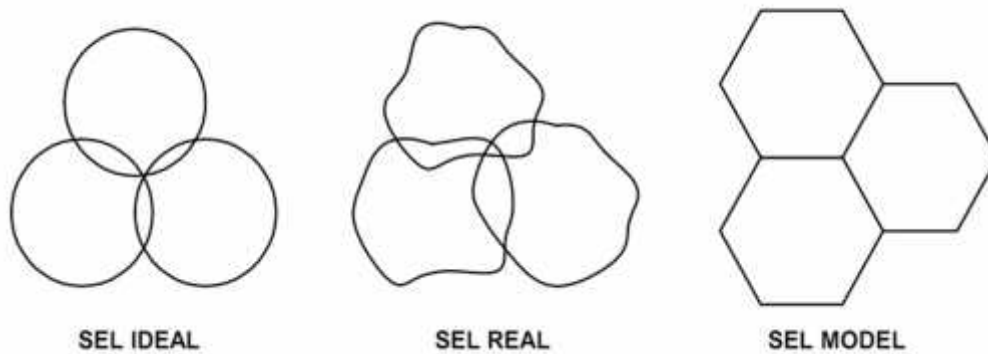


Gambar 3.1. Gambaran Sel Komunikasi Bergerak
(Sumber : <http://ml.scribd.com>)

Susunan sel di umpamakan sedemikian rupa sehingga seluruh daerah pelayanan yang diinginkan dapat tercakupi. Terdapat tiga macam dasar pola geometri sel yang di kenal yaitu segitiga sama sisi, bujur sangkar dan segi enam sama sisi (heksagonal). Pola-pola sel tersebut bertujuan agar diperoleh suatu susunan sel beraturan . pola geometri sel yang berbentuk lingkaran secara teoritis merupakan sel yang terbaik untuk mencakup seluruh daerah layanan.

Pada prakteknya bentuk sel yang sebenarnya tergantung pada kondisi geografis. Bentuk sel yang sebenarnya memiliki batasan luas yang tidak beraturan yang disebabkan oleh ketidakteraturan konfigurasi lapangan.

Pada tugas akhir ini sel yang akan digunakan adalah lingkaran, karena disesuaikan dengan kondisi area yang meluas atau melebar. Sedangkan untuk area yang berbentuk lorong biasanya menggunakan antena directional atau sektoral.



Gambar 3.2. Gambar Macam - Macam Sel

(Sumber : <http://www.itttelkom.ac.id>)

3.2 Teknologi Generasi Kedua (2G) dan Generasi Ketiga (3G)

Perkembangan teknologi komunikasi bergerak seluler generasi kedua merupakan teknologi yang menawarkan efisiensi yang lebih baik dalam hal penggunaan spectrum frekuensi maupun kemampuan dalam menyediakan keamanan yang lebih terjamin. Teknologi 2G diantaranya adalah *Global System for Mobile Communication* (GSM), *General Packet Radio System* (GPRS), *Enhanced Data rate for Global Evolution* (EDGE).

Teknologi 3G merupakan dua buah jalur teknologi telekomunikasi bergerak, yang pertama adalah kelanjutan dari teknologi GSM/GPRS/EDGE dan yang kedua adalah teknologi *Code Division Multiple Acces* (CDMA). Salah satu teknologi 3G yang merupakan lanjutan dari GSM/GPRS/EDGE adalah *Universal Mobile Telecommunication Service* (UMTS) yang memberikan kecepatan akses data yang lebih tinggi dibandingkan dengan GPRS dan EDGE.

3.2.1 Teknologi Generasi Kedua (2G)

System komunikasi bergerak seluler generasi kedua terdiri dari teknologi GSM, teknologi GPRS dan EDGE.

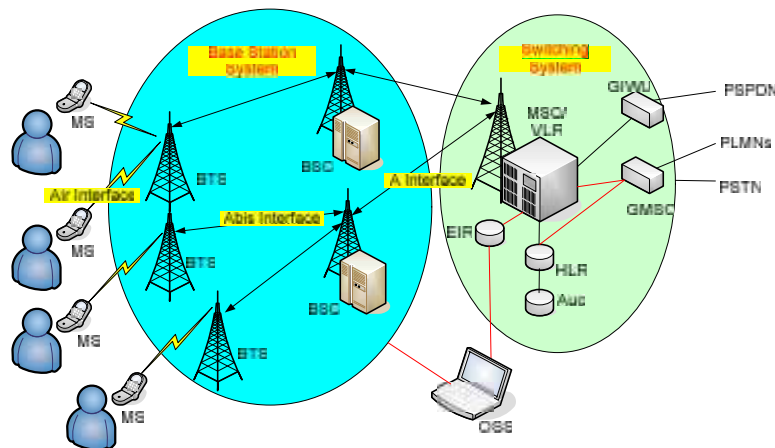
3.2.1.1 Teknologi *Global System for Mobile Communication* (GSM)

Global System for Mobile Communication (GSM) merupakan teknologi yang dapat mentransmisikan suara dan data, namun masih memiliki *bit rate* yang kecil yaitu sekitar

9,6 Kbps untuk data dan 13 Kbps untuk suara. GSM menggunakan teknologi *circuit switch* dimana satu kanal mutlak dimiliki oleh satu *user*.

Jaringan GSM dibagi menjadi tiga sistem utama diantaranya yang pertama adalah *Sistem Switching* (SS) yang bertanggung jawab untuk melakukan proses panggilan dan fungsi pelanggan, yang kedua *Sistem Base Station* (BSS) dimana seluruh fungsi dari radio dilakukan disini dan di dalamnya terdapat *Base Station Controller* (BSC) dan *Base Transceiver Station* (BTS) dan yang ketiga adalah *Sistem Operation dan Support* (OSS) yang merupakan wujud fungsional dari pemantauan jaringan operator dan pengontrolan sistem. Fungsi penting dari OSS adalah memberikan gambaran jaringan dan dukungan aktifitas pemeliharaan dari operasi.

Elemen dasar jaringan GSM ditunjukkan pada gambar di bawah :



Gambar 3.3. Arsitektur GSM

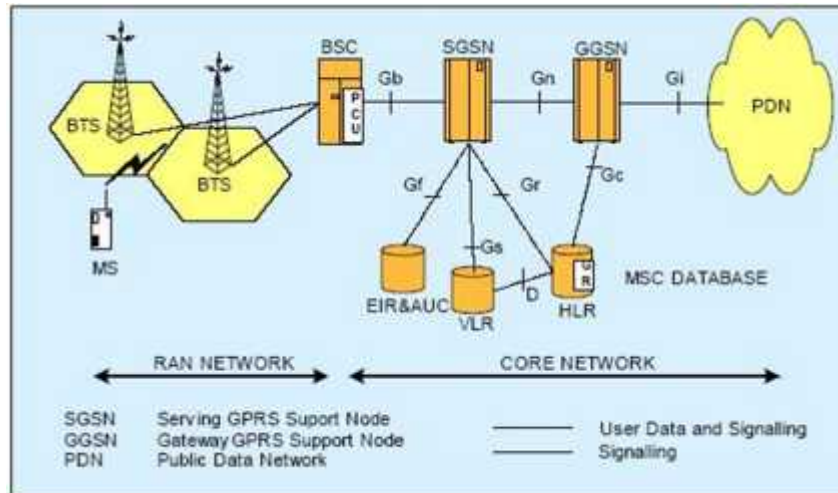
(Sumber : <http://purwakarta.org/flash/GSM.pdf>)

3.2.1.2 Teknologi *General Packet Radio System* (GPRS)

General Packet Radio System (GPRS) merupakan system komunikasi data paket yang terintegrasi dengan system telepon seluler GSM. GPRS menggunakan teknik *packet switch* dimana sebuah kanal akan digunakan secara bersama-sama selama kanal tersebut tidak kepenuhan dan kelebihan beban, sehingga pendudukan kanal pada *packet switch* menjadi lebih efisien. Pada *packet switch*, apabila *user* telah selesai menggunakan sebuah kanal, maka kanal tersebut dapat dipakai oleh *user* lain. GPRS memiliki *bit rate* mencapai 171,2 Kbps dengan maksimal jumlah *timeslot* yang dapat diduduki oleh satu *user* adalah 8.

Arsitektur system GPRS merupakan pengembangan dari system GSM dengan tambahan berupa komponen baru seperti *Serving GPRS Support Node (SGSN)*, *Gateway GPRS Support Node (GGSN)*, *GPRS Register (Gr)* dan *Packet Control Unit (PCU)*.

Gambar 3.4. Arsitektur GPRS

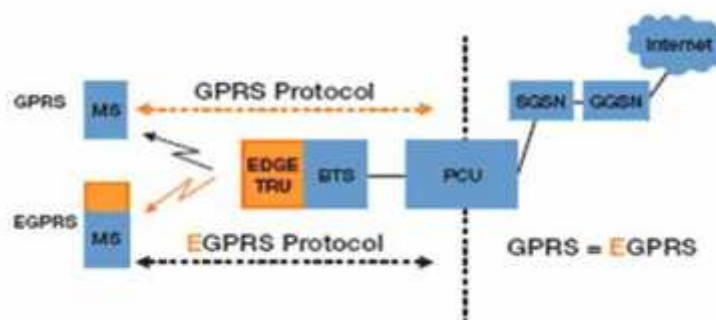


(Sumber : <http://www.google.co.id>)

3.2.1.3 Teknologi *Enhanced Data rate for Global Evolution (EDGE)*

EDGE memberikan akses data rate mencapai 473,6 Kbps dalam hal mengirimkan data secara paket. Selain itu EDGE sangat mudah di implementasikan sehingga operator tidak perlu membangun jaringan baru yang membutuhkan biaya sangat besar. Hal ini dikarenakan teknik yang dipakai EDGE adalah modulasi 8-PSK.

EDGE memiliki arsitekur yang sama dengan GPRS, namun perubahannya terletak pada penambahan pada system modulasi perangkat pemancar dan penerima untuk modulasi 8-PSK pada BTS lama sehingga BTS yang baru dapat melayani system EDGE/EGPRS dan GSM/GPRS.



Gambar 3.5. Arsitektur EDGE

(Sumber : <http://www.google.co.id>)

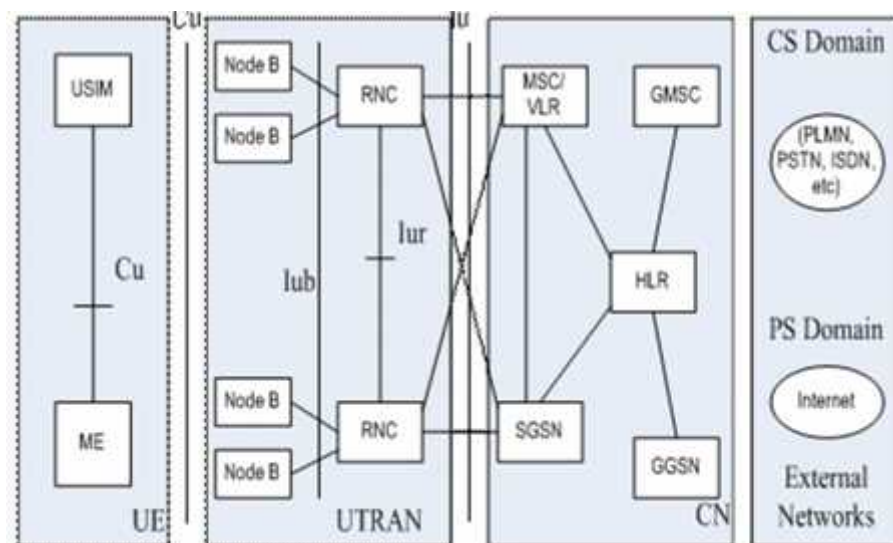
3.2.2 Teknologi Generasi Ketiga (3G)

Teknologi generasi ketiga merupakan pengembangan dari teknologi generasi kedua. Teknologi 3G terdiri dari UMTS

3.2.2.1 Teknologi *Universal Mobile Telecommunication Service* (UMTS)

Di dalam UMTS, *Radio Access Network* (RAN) dikenal sebagai UMTS *Terrestrial Radio Access Network* (UTRAN) yang berbeda dengan GSM, GPRS dan EDGE. Pada system UMTS beberapa elemen jaringan pada GSM dapat digunakan kembali dengan melakukan beberapa upgrading diantaranya MSC, HLR, SGSN dan GGSN.

Arsitektur UMTS pada dasarnya terdiri dari *Core Network* (CN), UMTS, UTRAN dan *User Equipment* (UE). CN bertanggung jawab mengkoneksikan UMTS dengan jaringan luar, UTRAN merupakan bagian dari jaringan UMTS yang terdiri dari satu atau lebih RNC dan Node B, sedangkan UE merupakan terminal dari UMTS yang langsung berhubungan dengan radio *interface* dari UTRAN.



Gambar 3.6. Arsitektur UMTS

(Sumber : <http://www.google.co.id>)

3.2.2.2 Teknologi High Speed Packet Acces (HSPA)

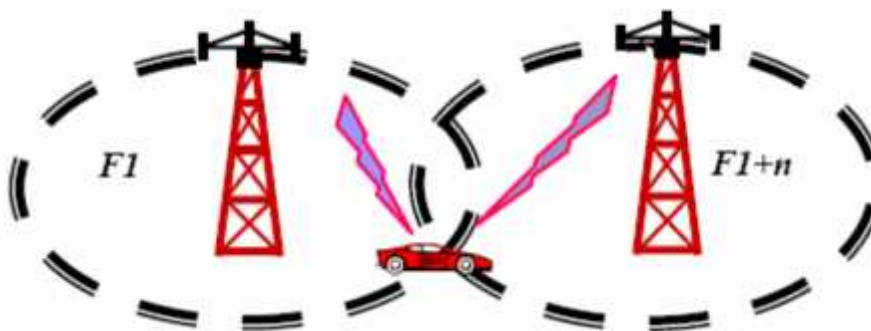
HSPA merupakan pengembangan dari system UMTS. Dua arah pengembangan teknologi HSPA yaitu pengembangan yang dibuat pada *downlink* UMTS yang disebut *High Speed Downlink Packet Acces* (HSDPA) dan pengembangan yang dibuat pada *uplink*

UMTS yang disebut *High Speed Uplink Packet Acces* (HSUPA). HSDPA mampu menyediakan kecepatan transmisi data hingga 14,4 Mbps tiap user.

3.3 Handover

Jaringan seluler memungkinkan user untuk mengakses layanan dalam keadaan bergerak sehingga memberikan kebebasan kepada pengguna dalam hal mobilitas. Akan tetapi kebebasan ini membawa ketidakpastian bagi sistem mobile. Mobilitas dari pengguna mengakibatkan perbedaan dinamis baik dalam kualitas hubungan maupun level interferensi, kadang terjadi keadaan dimana seorang user harus mengganti base station yang melayaninya. Proses ini dikenal dengan nama *handover*, *handover* menjamin keberlangsungan layanan komunikasi ketika user bergerak menuju batas – batas sel.

Handover merupakan proses pengalihan kanal traffic secara otomatis pada *User Equipment* (UE) yang sedang digunakan untuk berkomunikasi tanpa terjadinya pemutusan hubungan. Hal ini menjelaskan bahwa handover pada dasarnya adalah sebuah cell koneksi yang bergerak dari satu sel ke sel lainnya.



Gambar 3.7. Sistem Handover

(Sumber : <http://ml.scribd.com>)

Proses handover dapat dilihat pada gambar 4, yaitu ketika *Mobile Station* (MS) bergerak menjauhi suatu cell maka daya yang diterima oleh MS akan berkurang. Jika MS bergerak semakin menjauhi BTS maka daya pancar akan semakin berkurang. Menjauhnya MS pada cell asal menjadikan MS mendekati cell lainnya. Cell lainnya disebut sebagai cell kandidat yaitu cell yang akan menerima pelimpahan MS dari cell sebelumnya.

3.4 *Base Transceiver Station (BTS)*

BTS berfungsi menjembatani perangkat komunikasi pengguna dengan jaringan menuju jaringan lain. BTS berfungsi sebagai stasiun penghubung antar *Mobile Station* (MS). Jadi, merupakan sistem yang langsung berhubungan dengan *handphone*.

Otak yang mengatur lalu-lintas trafik di BTS adalah BSC (*Base Station Controller*) yang berfungsi menentukan *Location Updating*, penentuan BTS dan proses *handover*. Beberapa BTS pada satu daerah diatur oleh sebuah BSC. BSC-BSC ini dihubungkan dengan MSC (*Mobile Switching Center*) yang merupakan pusat penyambungan yang mengatur jalur hubungan antar BSC.

Cara kerja dari sebuah BTS adalah suatu BTS mampu menjangkau suatu area dengan batas – batas tertentu dan dibatasi dengan BTS lain. Di karenakan jika suatu BTS ada suatu daerah yang kosong dari jangkauan, maka akan terjadi drop sinyal atau hilangnya sinyal komunikasi. Hal itu akan mengakibatkan daerah tersebut tidak dapat dipakai untuk berkomunikasi. Sedangkan jika ada daerah yang sama – sama di jangkau oleh BTS, maka akan terjadi penanganan antar BTS. Sehingga sinyal tidak sampai terputus.



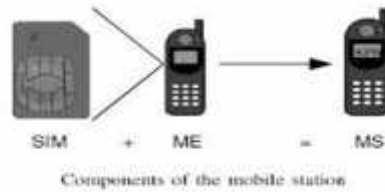
Gambar 3.8. Tower BTS

(Sumber : <http://www.google.co.id>)

3.5 *Mobile Station (MS)*

MS merupakan peralatan komunikasi bergerak yang dipakai oleh pelanggan agar dapat mengakses jaringan baik GSM maupun CDMA. MS terdiri dari dua bagian yaitu *Mobile Equipment* (ME) dan *Subscriber Identity Module* (SIM).

ME adalah bagian yang paling mudah untuk dikenali yang dapat berupa peralatan seperti *handphone* dan *portable terminal*. Sedangkan SIM adalah kartu identitas pelanggan dan sebagai kunci pelanggan untuk dapat mengakses jaringan. SIM dikeluarkan oleh pihak operator yang berfungsi menyimpan informasi pelanggan yang bersangkutan.



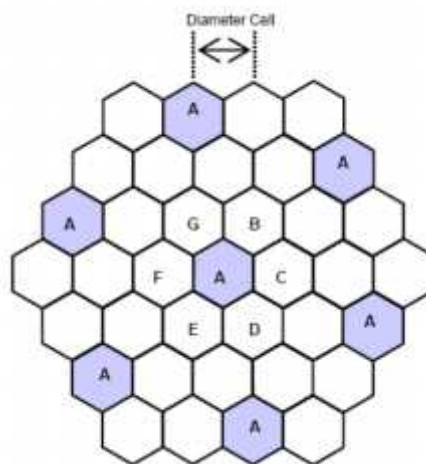
Gambar 3.9. *Mobile Staion*

(Sumber : <http://www.google.co.id>)

3.6 *Frequency Reuse*

Frequency reuse adalah skema pengulangan frekuensi yang sama pada sel lain dalam sistem komunikasi selular. Latar belakang dari *frequency reuse* ini adalah penghematan pemakaian sumber frekuensi untuk memperluas cakupan implementasi jaringan.

Penerapan dari skema *frequency reuse* akan menentukan performansi jaringan baik dari kualitas sinyal, cakupan dan kapasitas sel. *frequency reuse* faktor adalah faktor pengulangan frekuensi yang sama pada sel lain. Semakin besar *reuse* faktor maka performansi jaringan akan semakin bagus tetapi kapasitas sel yang dapat dilayani dalam satu BTS sangat kecil.



Gambar 3.10. *Sistem Reuse Frequency*

(Sumber : <http://ml.scribd.com>)

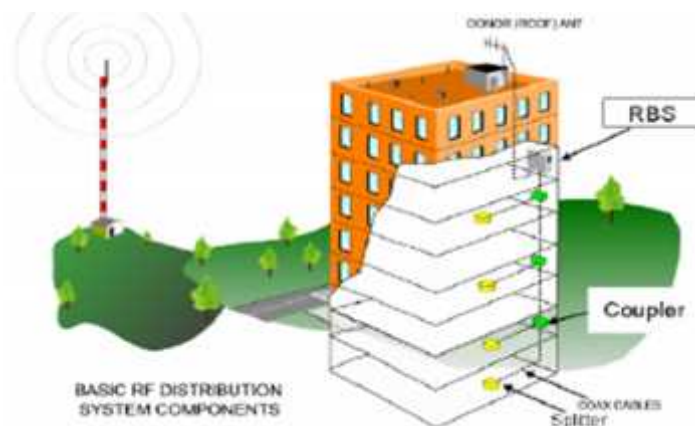
3.7 Indoor Building Coverage (IBC)

IBC adalah singkatan dari *Indoor Building Coverage* atau juga biasa disebut *Indoor Building Solution*. Tujuan pembangunan IBC adalah untuk memperbaiki kualitas sinyal dan trafik didalam gedung yang memiliki kualitas sinyal jelek atau memiliki trafik yang sangat padat. Gambar 3.11 yang berwarna kuning menunjukkan ilustrasi kondisi gedung yang mempunyai kualitas sinyal yang buruk. Realitanya ada area gedung yang memiliki kualitas sinyal seperti ini. Kasus ini sering terjadi di *basement* dan *ground*. Hal ini disebabkan karena redaman (*loss*) oleh bangunan terhadap daya sinyal dari BTS terdekat. Untuk memperbaiki level sinyal yang buruk tersebut diperlukan pembangunan penguat sinyal seperti yang ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 3.11. Kondisi sinyal gedung terhadap BTS

(Sumber : <http://www.scribd.com>)

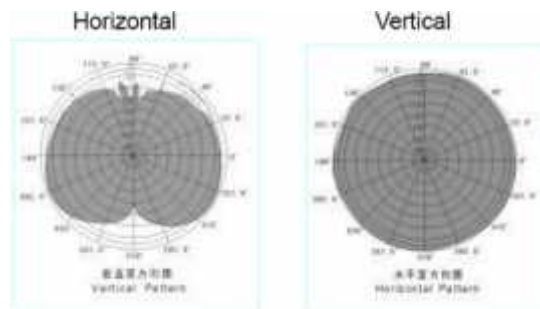


Gambar 3.12. Implementasi IBC

(Sumber : <http://www.scribd.com>)

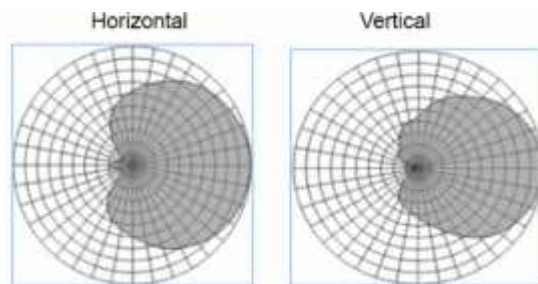
3.7.1 Antena Indoor

Antena adalah Suatu perangkat yang berfungsi untuk mengubah gelombang elektromagnetik terbimbing menjadi gelombang elektromagnetik di ruang bebas ataupun sebaliknya. Antena indoor terdiri dari *omni-directional* dan *directional*. Antena *omni-directional* biasa dipakai untuk ruangan yang bentuknya melebar, sedangkan antena *directional* biasa dipakai untuk ruangan yang bentuknya memanjang seperti lorong. Pola radiasi dari antena *omni-directional* dan *directional* ditunjukkan pada gambar :



Gambar 3.13. Pola radiasi antena *omni-directional*

(Sumber : <http://www.telestone.com>)



Gambar 3.14. Pola radiasi antena *directional*

(Sumber : <http://www.telestone.com>)

3.7.2 Combiner

Combiner adalah komponen pasif yang berfungsi untuk menggabungkan dua sinyal atau lebih yang berbeda menjadi satu keluaran sinyal sesuai dengan *band* frekuensinya.

3.7.3 Splitter

Splitter adalah suatu komponen pasif yang berfungsi untuk membagi sinyal *Radio Frequency* (RF) menjadi dua, tiga, empat atau lebih sesuai dengan jenis *splitter* yang digunakan.

3.7.4 Jumper

Jumper adalah komponen yang digunakan untuk menghubungkan antara komponen satu dengan komponen yang lain.

3.7.5 Connector

Connector adalah komponen pasif yang digunakan pada ujung kabel feeder agar dapat dihubungkan dengan komponen yang lain.

3.7.6 Kabel Feeder

Kabel feeder yang digunakan pada *Indoor Building Coverage* (IBC) terdiri dari beberapa jenis yaitu, 1/2 in, 7/8 in, 1 ¼ in dan 1 5/8 in. Loss kabel dipengaruhi oleh frekuensi yang digunakan.

3.7.7 Tapper

Tapper adalah komponen pasif yang digunakan untuk membagi satu buah sinyal menjadi dua sinyal yang memiliki redaman berbeda-beda. Jenis *tapper* yang biasa digunakan adalah *tapper 15*, *tapper 10* dan *tapper 7*.

3.8 Link Budget

Perhitungan *link budget* merupakan perhitungan level daya yang dilakukan untuk memastikan bahwa level daya yang diterima oleh penerima lebih besar atau sama dengan level daya yang dikirimkan oleh pemancar (R_{sl} R_{th}) dengan tujuan menjaga keseimbangan *gain* dan *loss* guna mencapai daya maksimal yang diinginkan di penerima. Perhitungan *link budget* dilakukan dengan menjumlahkan semua gain dan redaman yang terdapat pada material dan perangkat. Parameter yang mempengaruhi perhitungan *link budget* antara lain yaitu Tx power, frekuensi, gain antenna, tinggi antenna, tinggi antenna MS, *wall loss* dan *fading margin*.

3.8.1 Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)

Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) merupakan nilai daya yang dipancarkan antenna untuk menghasilkan puncak daya yang diamati pada arah radiasi maksimum penguatan antenna. Untuk mencari nilai EIRP dapat dirumuskan dengan persamaan 3.1 yaitu (sumber : Iman Ahmad Setiawan 2009) :

$$\text{EIRP} = \text{Tx Power (dBm)} + \text{Gain Antena (dB)} - \text{Loss Cable (dB)} \quad (3.1)$$

Dimana :

$EIRP_{ms}$ = *Effective Isotropic Radiated Power* (dBm)

Tx Power = *Transmitted Power* (dBm)

3.8.2 RxLevel

Nilai RxLevel merupakan nilai daya sinyal ternormalisasi dimana RxLevel dipengaruhi oleh redamana propagasi. Hal tersebut dibuktikan oleh persamaan Martijn dan Herben (2003).

$$RxLevel = Pt + Gr - Lr - L + 110 \text{ dBm} \quad (3.2)$$

Dimana :

RxLevel = Daya Sinyal Yang Diterima Ternormalisasi (dBm)

Pt = Daya Pancar Antena Tx (dBm)

Gr = *Gain* Antena Penerima (dB)

Lr = Redaman Kabel Penerima (dB)

L = Nilai Redaman Propagasi (dB)

Redaman propagasi dipengaruhi oleh jarak antara pengirim dan penerima yang dinyatakan dalam persamaan J Herman (1986). Dengan mengabaikan gain dan redaman kabel penerima akan diperoleh hubungan antara RxLevel dengan jarak sebagai berikut :

$$RxLevel = Pt - (32.45 + 20 \log F + 20 \log D) + 110$$

3.8.3 Received Signal Code Power (RSCP)

Dengan adanya nilai EIRP yang sudah didapat dalam perhitungan link budget, dapat juga diketahui nilai dari kuat sinyal yang diterima oleh MS. Perhitungan RSCP didapat dengan menggunakan persamaan 3.4 yaitu, (sumber : Iman Ahmad Setiawan 2009) :

$$RSCP = EIRP - \text{Wall Loss} - \text{Body Loss} - \text{Path Loss} - (\text{Handover} + \text{Fading Margin}) \quad (3.3)$$

Dimana :

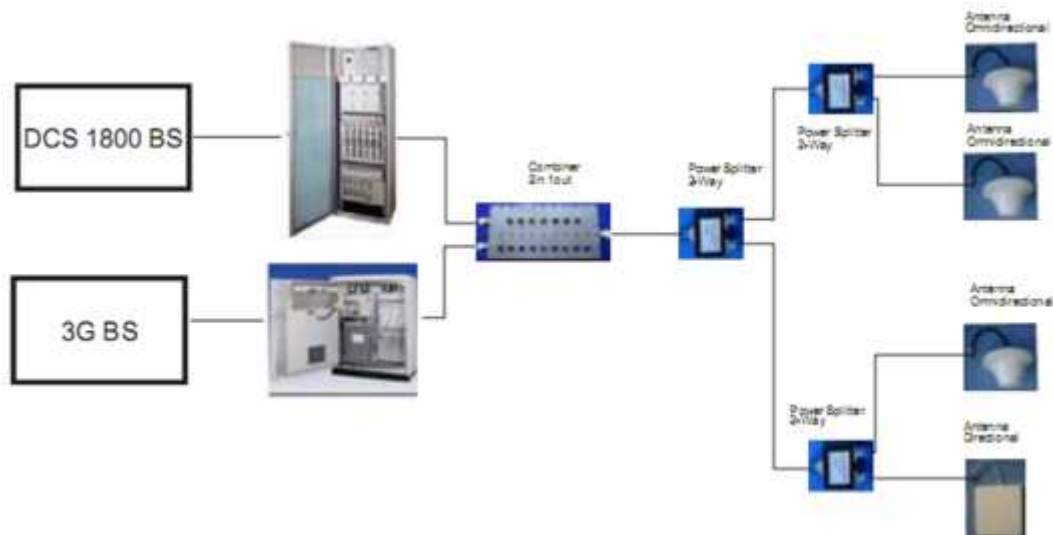
RSCP = Kuat sinyal yang diterima *mobile station* (dBm)

3.8.4 Drive Test

Drive test adalah suatu pekerjaan yang bertujuan untuk mengumpulkan data dari hasil pengukuran kualitas sinyal suatu jaringan. *Drive test indoor* atau biasa disebut *walktest* dilakukan dengan berjalan kaki di area tertutup seperti di dalam gedung perkantoran, Mall, dll. Alat ukur yang digunakan dalam melakukan walk test nantinya adalah TEMS Investigation. Nilai – nilai parameter *drive test* yang akan diukur yaitu, RxLevel, RxQual, *Speech Quality Indicator* (SQI), *Broadcast Control Channel* (BCCH), *Absolute Radio Frequency Channel* (ARFCN).

3.8.5 Schematic Diagram

Schematic diagram merupakan diagram perencanaan yang menggambarkan *wiring* atau konfigurasi material dan perangkat sistem *indoor building*. Contoh konfigurasi indoor dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 3.15. *Schematic diagram*
(Sumber : <http://www.telestone.com>)

3.9 Model Propagasi *Indoor*

Perbedaan utama pada propagasi RF *indoor* dengan *outdoor* terletak pada *multupath*-nya yang cenderung berbeda. Dalam propagasi indoor redamannya dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar seperti dinding, furniture, dan manusia. Indoor path loss dapat berubah – ubah sesuai dengan kondisi area atau ruangan tersebut. Ada tiga jenis model propagasi indoor yang biasa digunakan yaitu model *inverse eksponensial*, model *free space loss* dan keenan motley model.

3.9.1 Model *Inverse Eksponensial*

Model inverse eksponensial memiliki persamaan sebagai berikut, (sumber : Esron Tarigan 2007) :

$$L(d)_{dB} = P_o + n \times 10 \log (R) \quad (3.4)$$

Dimana :

P_o = daya pancar pada jarak 1 meter dari pemancar

n = free space value dengan nilai : 1 n 2 pengukuran di dalam gedung

n = 3,9 untuk gedung dimana pemancar berada pada lantai yang berbeda

R = jarak jangkauan antara pemancar dan penerima (m)

3.9.2 Model *Free Space Loss*

Persamaan yang dipakai pada model propagasi ini adalah, (sumber : Esron Tarigan 2007) :

$$L_f = 32,4 + 20 \log R + 20 \log F \quad (3.5)$$

Dimana :

R = Jarak antara pemancar dengan penerima (m)

F = Frekuensi kerja (MHz)

3.9.3 Model Keenan Motley

Salah satu model propagasi yang paling baik diterapkan di dalam ruangan adalah model propagasi Keenan Motley. Dalam rumusannya nilai path loss didapatkan dengan menjumlahkan free space loss, wall loss dan redaman lantai yang dilewati oleh gelombang elektromagnetik yang dipancarkan dari pemancar menuju ke penerima. Adapun model

propagasi Keenan Motley dirumuskan dengan persamaan 3.6 yaitu, (sumber : Esron Tarigan 2007) :

$$L_o = P_o + 20 \log (R) + p \times WAF + k \times FAF \quad (3.6)$$

$$P_o = 20 \log \left[\frac{4\pi f}{c} \right]$$

Dimana :

R = Jarak antara pemancar dengan penerima (m)

p = Jumlah dinding antara pemancar dengan penerima

k = Jumlah lantai antara pemancar dengan penerima

WAF = Wall Attenuation Factor

FAF = Floor Attenuation Factor

Nilai WAF ditentukan dari spesifikasi atau struktur dinding, sedangkan FAF bergantung pada konstruksi gedung itu sendiri.

BAB IV

HASIL PENGUKURAN DAN ANALISA

Pada bab ini akan dijelaskan tiga pokok pembahasan yang terdiri dari hasil pengukuran sinyal, analisa performansi jaringan serta desain optimasi jaringan yang diberikan oleh penulis. Data yang akan ditampilkan dari hasil pengukuran ini berfungsi untuk memberikan gambaran secara umum mengenai performansi jaringan operator Indosat yang telah diperoleh di gedung MAL ska lantai dasar, lantai 1 dan lantai 2 dengan melakukan *walktest* mode *idle*. Data yang disajikan berupa data *logfile* yang diolah menggunakan *software* TEMS Investigation 9.1 yang terdiri dari *map walktest*, *tap overview*, data *collection* dan disertai dengan grafik batang atau *histogram*.

Hasil pengukuran sinyal akan menunjukkan nilai-nilai RxLevel dan RSCP yang berfungsi untuk menjelaskan level sinyal terima yang dihasilkan jaringan IBC pada saat melakukan pengukuran, baik secara keseluruhan maupun level sinyal terima tiap-tiap antenna. Nilai-nilai RxLevel dan RSCP tersebut nantinya akan dianalisa dan akan diketahui performansi jaringan dari perhitungan *link budget* sebelum pemasangan jaringan dan yang sekarang sudah terpasang di gedung MAL ska Pekanbaru.

Setelah dianalisa dan diketahui performansi jaringan sebelum dan setelah pemasangan jaringan, maka penulis berusaha membuat rekomendasi berupa desain jaringan baru yang berfungsi untuk mengoptimalkan level sinyal terima yang dihasilkan jaringan IBC yang sudah terpasang di gedung MAL ska Pekanbaru. Rekomendasi tersebut adalah berupa *schematic diagram* baru yang akan dibuat oleh penulis dengan mempertimbangkan *schematic diagram* yang telah dibuat oleh pihak operator sebelumnya.

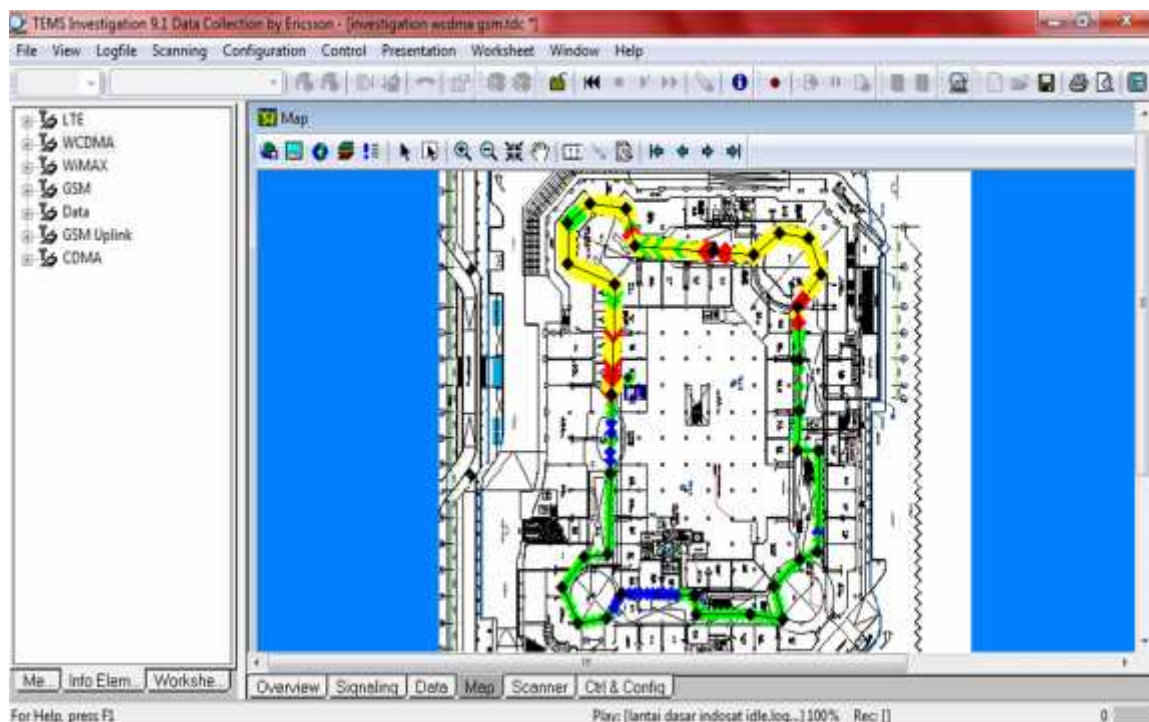
4.1 Hasil Pengukuran Sinyal

Setelah dilakukannya pengukuran sinyal pada antenna *omni* disekitar lorong area lantai dasar, 1 dan 2 gedung MAL ska Pekanbaru diketahui bahwa beberapa antenna *omni* operator Indosat tersebut menghasilkan sinyal 2G dan beberapa antenna *omni* yang lain menghasilkan sinyal 3G.

Pengukuran sinyal dari antenna *omni* lantai dasar, lantai 1 dan lantai 2 dilakukan dengan cara berjalan kaki mengelilingi gedung MAL ska Pekanbaru. Hasil pengukuran sinyal yang didapat untuk operator Indosat dengan cara *walktest* mode *idle* berupa data *logfile* yang dapat diolah dan terdiri dari kualitas sinyal RxLevel dan RSCP, *overview*, data *collection* disertai *histogram*.

4.1.1 Kualitas Sinyal GSM dan WCDMA

Kualitas sinyal operator Indosat yang dihasilkan setelah melakukan pengukuran dapat dilihat pada tap *map software* TEMS investigation 9.1. Di dalam *map* tersebut telah diinput peta area gedung MAL ska yang menunjukkan jalur yang dilalui penulis pada saat melakukan *walktest*. Baik buruknya kualitas sinyal yang dihasilkan antenna *omni* pada lantai dasar, 1 dan 2 ditunjukkan pada gambar berikut.



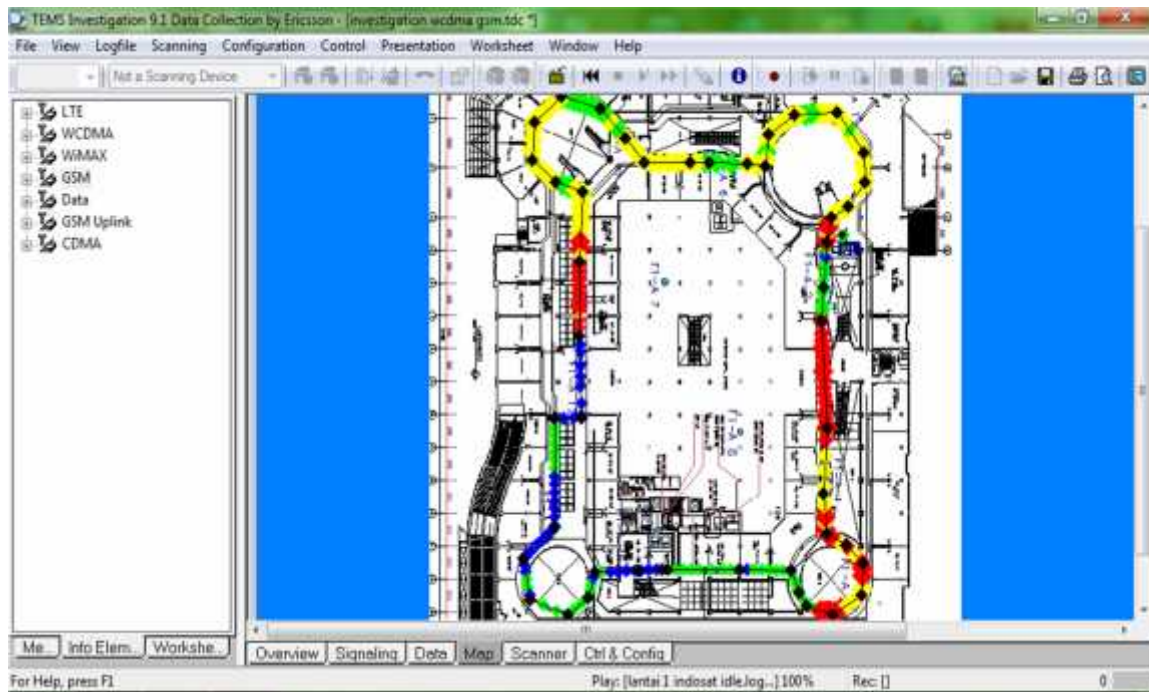
Gambar 4.1. Hasil Pengukuran Sinyal Lantai Dasar

Sebelumnya *range* nilai RxLevel dan RSCP untuk operator Indosat telah diketahui pada bab sebelumnya. Untuk *range* nilai RxLevel titik biru dan hijau mewakili level sinyal sangat bagus dan bagus, yaitu rentang nilai dari -50 hingga -10 dBm untuk titik biru dan -80

hingga -50 dBm untuk titik hijau. Sedangkan titik berwarna kuning, oranye dan merah mewakili level sinyal sedang, buruk dan sangat buruk yaitu -90 hingga -80 dBm untuk kuning, -100 hingga -90 dBm untuk oranye dan rentang nilai dari -110 hingga -100 dBm untuk titik berwarna merah.

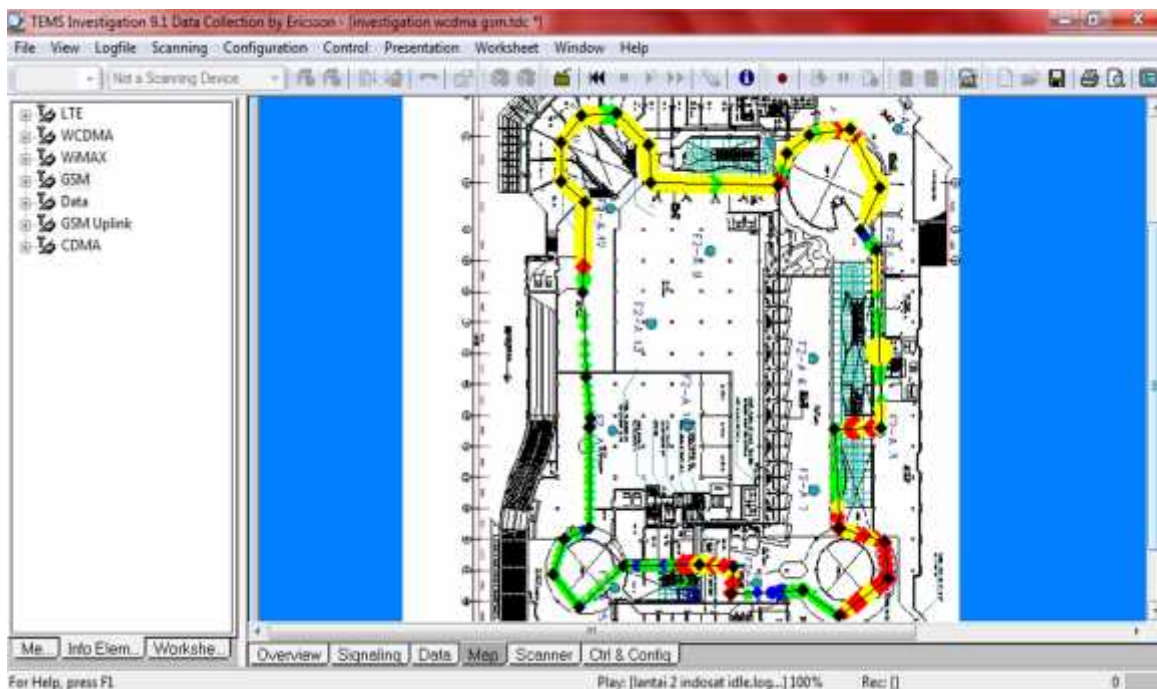
Ada tiga warna yang mewakili rentang nilai untuk RSCP yaitu hijau, kuning dan merah. Setiap warna tersebut mewakili kualitas sinyal RSCP yang dihasilkan antenna *omni* operator Indosat. Titik berwarna hijau mewakili level sinyal yang bagus yaitu rentang nilai dari -85 hingga -15 dBm, untuk titik berwarna kuning mewakili level sinyal sedang atau cukup bagus yaitu rentang nilai dari -100 hingga -85 dBm, sedangkan titik berwarna merah mewakili level sinyal buruk dari -140 hingga -100 dBm.

Pada gambar 4.1 diatas ditampilkan bahwa kualitas sinyal GSM dan WCDMA lantai dasar gedung MAL ska Pekanbaru. Pada hasil pengukuran sebagian lorong pada area lantai dasar didominasi dengan warna hijau dan ada beberapa yang berwarna biru, artinya pada sebagian lorong area lantai dasar sudah mendapatkan kualitas sinyal RxLevel yang cukup baik. Adapun antenna-antenna *omni* yang berada pada area yang dikelilingi warna hijau adalah antenna 2, 3, 10 dan 11 sedangkan area yang dikelilingi warna biru adalah antenna 8. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa letak antenna-antenna tersebut dekat dengan ruang AHU atau jalur pusat kabel perlantai. Namun ada sebagian area lagi yang mendapatkan sinyal kurang baik bahkan bisa dikatakan buruk, itu ditandai dengan area yang sekelilingnya berwarna kuning dan merah. Antenna-antenna yang berada pada area tersebut terdiri dari antenna 1, antenna 4 dan antenna 9 yang letaknya jauh dari jalur pusat kabel perlantai.



Gambar 4.2. Hasil Pengukuran Sinyal Lantai 1

Di bandingkan dengan kualitas sinyal antenna *omni* lantai dasar kualitas sinyal antenna *omni* lantai 1 tampak semakin memburuk. Pada gambar 4.2 ditampilkan bahwa sebagian area lantai dasar yang tadinya mendapatkan kualitas sinyal yang baik mendapatkan kualitas sinyal yang buruk di lantai 1. Hal tersebut ditampilkan dari area yang tadinya dikelilingi titik berwarna hijau pada lantai dasar berubah menjadi dominan berwarna merah dan ada beberapa yang berwarna kuning di lantai 1. Akan tetapi antenna-antenna *omni* yang menghasilkan kualitas sinyal yang buruk pada lantai 1 merupakan antenna-antenna yang berbeda pada lantai dasar. Antenna yang menghasilkan sinyal yang buruk pada lantai 1 adalah antenna 3 dan antenna 11. Sedangkan antenna yang kualitas sinyalnya baik adalah antenna 1, 2, 6, 9, 10, 12, 13 dan antenna 15, selebihnya adalah antenna yang menghasilkan kualitas sinyal sedang atau cukup baik yaitu antenna 4 dan 5.



Gambar 4.3. Hasil Pengukuran Sinyal Lantai 2

Sama halnya dengan lantai 1, kualitas sinyal yang dihasilkan antenna *omni* lantai 2 semakin memburuk dari lantai-lantai sebelumnya. Hal tersebut ditandai dengan area yang sudah dapat dibuktikan menghasilkan kualitas sinyal yang baik dari 2 lantai sebelumnya menghasilkan kualitas sinyal yang buruk pada lantai 2 ini. Pada gambar 4.3 diatas ditampilkan area tersebut adalah area yang berada disekitar area antenna 8 yang berada didekat ruang AHU atau jalur pusat kabel per lantai. Namun ada sebagian area yang dikelilingi dengan warna hijau dan sebagian lagi dikelilingi dengan warna kuning. Area yang dikelilingi dengan warna hijau adalah area yang menghasilkan sinyal 2G dengan kualitas sinyal RxLevel yang baik yaitu pada antenna 14 dan 15. Sedangkan area yang dikelilingi dengan warna kuning adalah area yang menghasilkan sinyal 3G dengan kualitas sinyal RSCP cukup baik atau sedang yaitu antenna 2, 3, 4, 5, 11 dan 12.

Disetiap lantai gedung MAL ska Pekanbaru yang diukur mulai dari lantai dasar, 1 dan 2 terdapat beberapa kawasan atau area yang mendapatkan level sinyal yang baik. Hal tersebut ditandai dengan area-area yang disekelilingnya dominan berwarna biru dan hijau dengan rentang nilai -50 hingga -10 dBm dan -80 hingga -50 dBm. Dengan kata lain ada sebagian wilayah lagi yang selalu mendapatkan level sinyal sedang, kurang baik atau bisa dikatakan

buruk yang ditandai dengan titik berwarna kuning dan merah dengan rentang nilai -90 hingga -80 dBm dan -110 hingga -100 dBm.

4.1.2 Parameter GSM dan WCDMA

Pada *map* yang dibahas pada sub bab sebelumnya level sinyal yang dihasilkan antenna *omni* hanya dapat dilihat dengan simbol-simbol dan warna seperti titik berwarna biru, hijau, kuning dan merah, namun tidak dapat diketahui seberapa besar nilai parameter RxLevel pada teknologi GSM dan nilai parameter RSCP pada teknologi WCDMA yang dihasilkannya. Pada *Tap overview* ini level sinyal terima yang dihasilkan antenna *omni* dapat dilihat dengan jelas baik nilai untuk parameter GSM maupun WCDMA. Beberapa parameter yang ditampilkan *tap overview* setelah melakukan *walktest* adalah nilai RxLevel sub (dBm) pada teknologi GSM dan RSCP serta UTRA *carrier* RSSI pada teknologi WCDMA.

Beberapa *tap* didalam *overview* TEMS 9.1 yang dapat membaca parameter-parameter dari teknologi GSM dan WCDMA terdiri dari WCDMA/GSM *Line Chart*, GSM *Current Channel*, *events*, GSM *Radio Parameter*, WCDMA *Radio Parameter*.

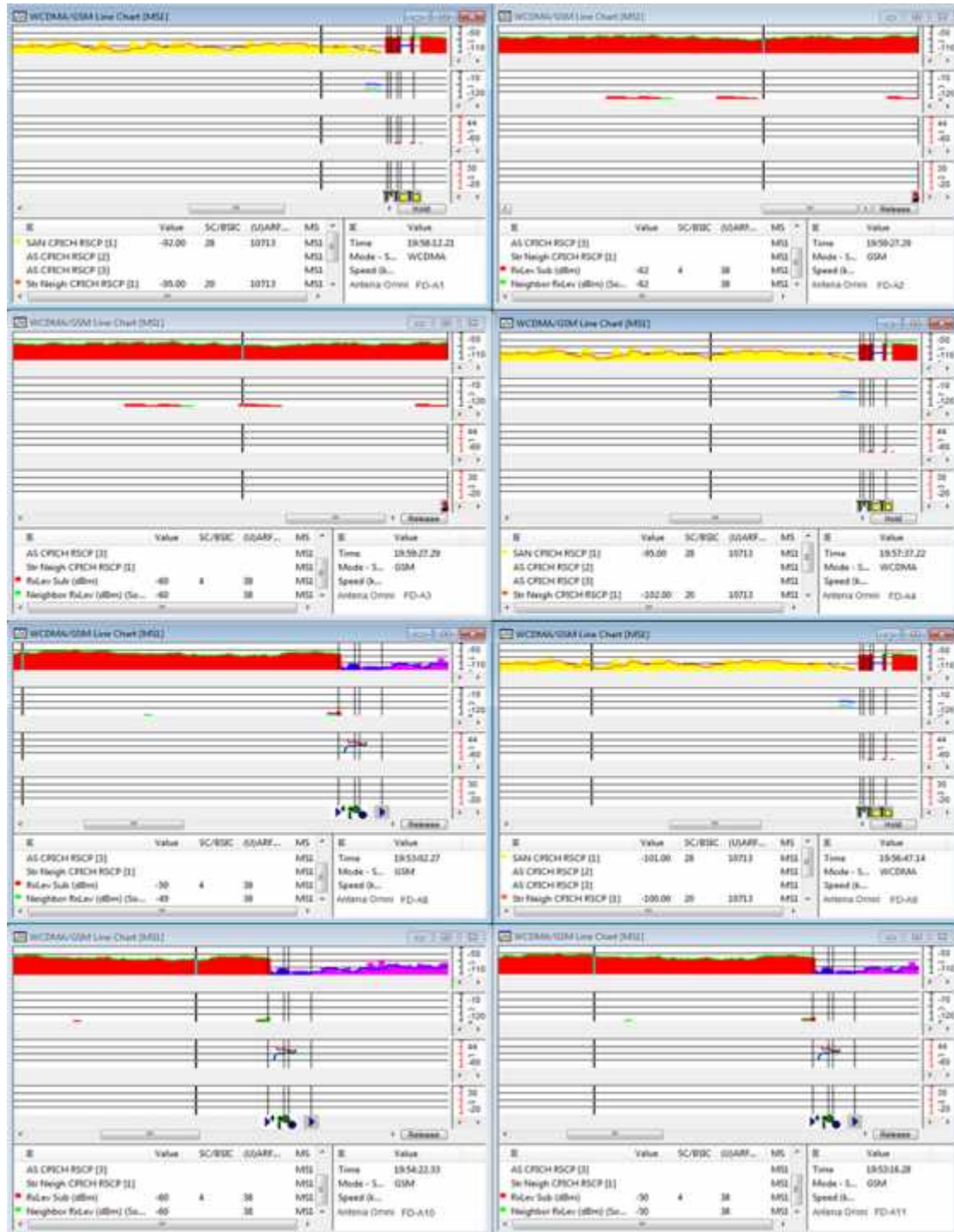
4.1.2.1 WCDMA/GSM Line Chart

Fungsi dari WCDMA/GSM *Line Chart* adalah menampilkan grafik sinyal dari tiap-tiap posisi *mobile* pada saat melakukan pengukuran. Pada gambar 4.4 dibawah ini ditampilkan grafik dari posisi *mobile* hasil pengukuran pada antena *omni* lantai dasar saat menerima sinyal WCDMA dan sinyal GSM.

Selain grafik dari posisi MS serta bentuk sinyal GSM dan WCDMA pada gambar 4.4 WCDMA/GSM *Line Chart* juga dapat menampilkan nilai-nilai dari parameter pada *Info Element* untuk teknologi GSM maupun WCDMA. Parameter yang ditampilkan pada saat MS mendapatkan sinyal GSM adalah nilai dari RxLevel Sub (dBm) dan *Neighbor* RxLevel (dBm) dengan nilai BSIC dan ARFCN yang sama pada tiap-tiap antena yang berada di lantai dasar, 1 dan 2 yaitu nilai untuk BSIC=4 dan ARFCN=38. Sedangkan parameter lain yang ditampilkan WCDMA/GSM *Line Chart* pada saat MS menerima sinyal WCDMA adalah SAN CPICH RSCP dan Str *Neigh* CPICH RSCP dengan nilai BSIC=28 dan nilai ARFCN=10713.

Gambar 4.4 menampilkan grafik sinyal hasil pengukuran dengan mode *idle* pada antena *omni* lantai dasar yang menerima sinyal GSM dan WCDMA. Pada gambar dibawah

ini ditampilkan perbedaan bentuk sinyal pada saat MS menerima sinyal GSM dan WCDMA. Bentuk sinyal GSM ditandai dengan sinyal berwarna merah sedangkan sinyal WCDMA ditandai dengan warna kuning.



Gambar 4.4. WCDMA/GSM Line Chart Untuk Hasil Pengukuran Lantai Dasar

Dari data hasil pengukuran yang ditampilkan pada WCDMA/GSM *Line Chart* dapat dibuat tabel untuk nilai-nilai RxLevel dan RSCP yang dihasilkan antenna *omni* lantai dasar, 1, dan 2. Pada gambar diatas dapat dilihat nilai-nilai dari RSCP dan RxLevel pada antenna lantai dasar yaitu untuk antenna 1 didapatkan nilai RSCP sebesar -92 dBm dan untuk antenna 4 dan 9 adalah -95 dan -101 dBm. Sedangkan untuk antenna 2 didapatkan nilai RxLevel sebesar -62 dBm, antenna 3 sebesar -60 dBm, antenna 8 sebesar -50 dBm dan untuk antenna 10 dan 11 sebesar -60 dan -52 dBm. Secara keseluruhan nilai RxLevel dan RSCP pada lantai dasar,1 dan 2 diperlihatkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.1. Hasil Pengukuran Sinyal Antenna Lantai Dasar

Lantai	Antenna Omni	GSM	WCDMA	Warna	Status
		RxLevel Sub (dBm)	RSCP (dBm)		
LT-D	A-1		-92	Kuning	Sedang
	A-2	-62		Hijau	Bagus
	A-3	-60		Hijau	Bagus
	A-4		-95	Kuning	Sedang
	A-8	-50		Biru	Sangat Bagus
	A-9		-101	Merah	Buruk
	A-10	-60		Hijau	Bagus
	A-11	-52		Hijau	Bagus

Tabel 4.2. Hasil Pengukuran Sinyal Antenna Lantai 1

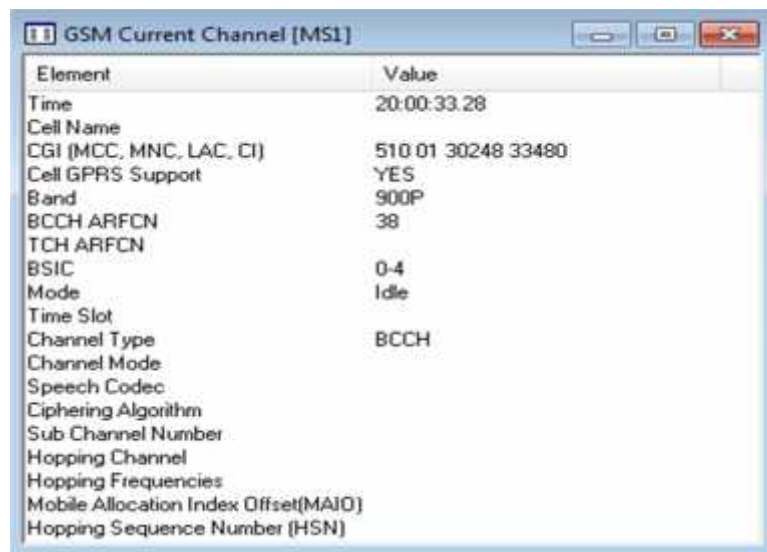
Lantai	Antenna Omni	GSM	WCDMA	Warna	Status
		RxLevel Sub (dBm)	RSCP (dBm)		
LT-1	A-1		-84	Hijau	Bagus
	A-2	-53		Biru	Bagus
	A-3		-104	Merah	Buruk
	A-4		-99	Kuning	Sedang
	A-5		-95	Kuning	Sedang
	A-6		-85	Hijau	Bagus
	A-9	-40		Biru	Sangat bagus
	A-10		-83	Hijau	Bagus
	A-11		-105	Merah	Buruk
	A-12	-49		Biru	Sangat bagus
	A-13	-46		Biru	Sangat bagus
	A-15	-39		Biru	Sangat bagus

Tabel 4.3. Hasil Pengukuran Sinyal Antenna Lantai 2

Lantai	Antenna <i>Omni</i>	GSM	WCDMA	Warna	Status
		RxLevel Sub (dBm)	RSCP (dBm)		
LT-2	A-1		-103	Merah	Buruk
	A-2	-83		Kuning	Sedang
	A-3		-100	Kuning	Sedang
	A-4		-98	Kuning	Sedang
	A-5		-99	Kuning	Sedang
	A-8	-47		Biru	Sangat bagus
	A-11		-91	Kuning	Sedang
	A-12		-97	Kuning	Sedang
	A-14	-57		Hijau	Bagus
	A-15	-54		Hijau	Bagus

4.1.2.2 GSM *Current Channel*

Fungsi dari GSM *Current Channel* adalah menampilkan informasi yang berkaitan dengan kanal yang digunakan oleh *mobile station* dari sel yang melayaninya. Pada hasil pengukuran yang telah dilakukan GSM *Current Channel* menampilkan informasi data berupa element-element yang terdiri dari *Cell Global Identity* (CGI), *Cell GPRS Support*, Band frekuensi, BCCH ARFCN, BSIC, jenis pengukuran dan tipe kanal yang digunakan pada saat MS menerima sinyal GSM dari BTS yang melayani.



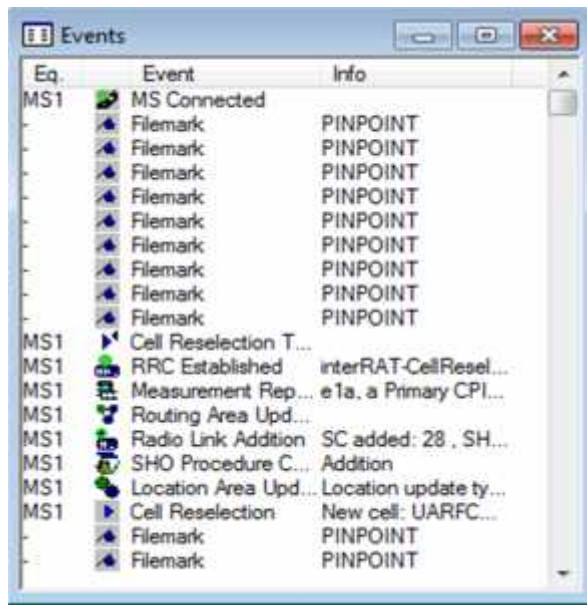
Element	Value
Time	20:00:33.28
Cell Name	
CGI (MCC, MNC, LAC, CI)	510 01 30248 33480
Cell GPRS Support	YES
Band	900P
BCCH ARFCN	38
TCH ARFCN	
BSIC	0-4
Mode	Idle
Time Slot	
Channel Type	BCCH
Channel Mode	
Speech Codec	
Ciphering Algorithm	
Sub Channel Number	
Hopping Channel	
Hopping Frequencies	
Mobile Allocation Index Offset(MAIO)	
Hopping Sequence Number (HSN)	

Gambar 4.5. GSM *Current Channel* Antena 2 Lantai Dasar

Gambar diatas merupakan salah satu contoh *GSM Current Channel* pada antena 2 lantai dasar yang menampilkan informasi berupa data yang diterima MS saat menerima sinyal GSM. *GSM Current Channel* hanya dapat menampilkan informasi pada saat MS menerima sinyal GSM dan tidak dapat menampilkan informasi saat MS menerima sinyal WCDMA. Informasi yang dapat dibaca pada gambar diatas terdiri CGI yang menampilkan kode-kode untuk MS seperti MCC=510, MNC=01, LAC=30248 dan CI=33480. Kode MCC merupakan kode negara yaitu untuk Indonesia adalah 510, sedangkan kode lain seperti MNC dan LAC merupakan kode yang biasanya sudah ditentukan oleh operator (Indosat). Karena seluruh antena *omni* pada gedung MAL ska lantai dasar, 1 dan 2 berada dalam 1 *cell* yang sama maka seluruh antena memiliki *cell id* yang sama. Informasi lain yang dapat dibaca adalah nilai BCCH ARFCNnya sebesar 38 dengan kode BTS=4, mode pengukuran *idle* dan tipe kanalnya *Broadcast Control Channel* (BCCH) yang bersifat *downlink* yaitu hanya memancarkan sinyal dari BTS ke MS saja dan tidak sebaliknya.

4.1.2.3 Events

Events merupakan seluruh kejadian yang terjadi selama proses pengukuran berlangsung, mulai dari MS tersambung dengan *notebook* hingga MS *terdisconnected*. Gambar 4.6 adalah *events* yang terjadi saat pengukuran dilakukan di lantai dasar. Proses-proses atau kejadian yang terjadi terdiri dari *filemark*, *cell reselection to UTRAN*, *RRC established*, *measurement report*, *routing area update*, *radio link addition*, *SHO procedure complete*, *location area update*, *cell reselection from UTRAN* dan *idle mode*. Seluruh kejadian tersebut dapat berulang-ulang terjadi selama proses pengukuran berlangsung hingga MS *disconnect*kan.



Gambar 4.6. *Events* Lantai Dasar

Cell reselection adalah proses seleksi ulang sel yang terjadi pada saat MS berpindah dari satu sel ke sel yang lain. *Cell reselection to UMTS Terrestrial Radio Access Network* (UTRAN) merupakan proses seleksi ulang sel dari GSM menuju UMTS. Begitu pula sebaliknya *cell reselection from UTRAN* merupakan proses seleksi ulang sel dari UMTS menuju GSM. *Radio Resource Control (RRC) established* merupakan suatu proses dimana MS didukung oleh RRC untuk mendapatkan akses radio.

4.1.2.4 WCDMA Radio Parameter

WCDMA *radio parameter* berfungsi menampilkan informasi berupa data level daya yang diterima MS dari *cell* yang melayaninya. Gambar 4.7 dibawah ini merupakan tampilan WCDMA *radio parameter* yang dihasilkan dari pengukuran antenna lantai dasar gedung MAL ska untuk operator Indosat. Pada lantai dasar hanya beberapa antenna *omni* yang memancarkan sinyal WCDMA yaitu antenna 1, 4 dan 9. Parameter yang ditampilkan WCDMA *radio parameter* dari hasil pengukuran mode *idle* terdiri dari UTRA Carrier RSSI, RRC State dan Mode (System).

WCDMA Radio Parameters [MS1]	
IE	Value
Tx Power	
UTRA Carrier RSSI	-89.00
Target SIR	
SIR	
SQI MOS	
RRC State	Idle mode
Mode (System)	WCDMA
Time	19:58:22.25
Antena omni	FD-A1

WCDMA Radio Parameters [MS1]	
IE	Value
Tx Power	
UTRA Carrier RSSI	-93.00
Target SIR	
SIR	
SQI MOS	
RRC State	Idle mode
Mode (System)	WCDMA
Time	19:57:36.27
Antena omni	FD-A4

(a) RSSI Antena 1

(b) RSSI Antena 4

WCDMA Radio Parameters [MS1]	
IE	Value
Tx Power	
UTRA Carrier RSSI	-91.00
Target SIR	
SIR	
SQI MOS	
RRC State	Idle mode
Mode (System)	WCDMA
Time	19:56:47.14
Antena omni	FD-A9

(c) RSSI Antena 9

Gambar 4.7. WCDMA Radio parameter Lantai Dasar

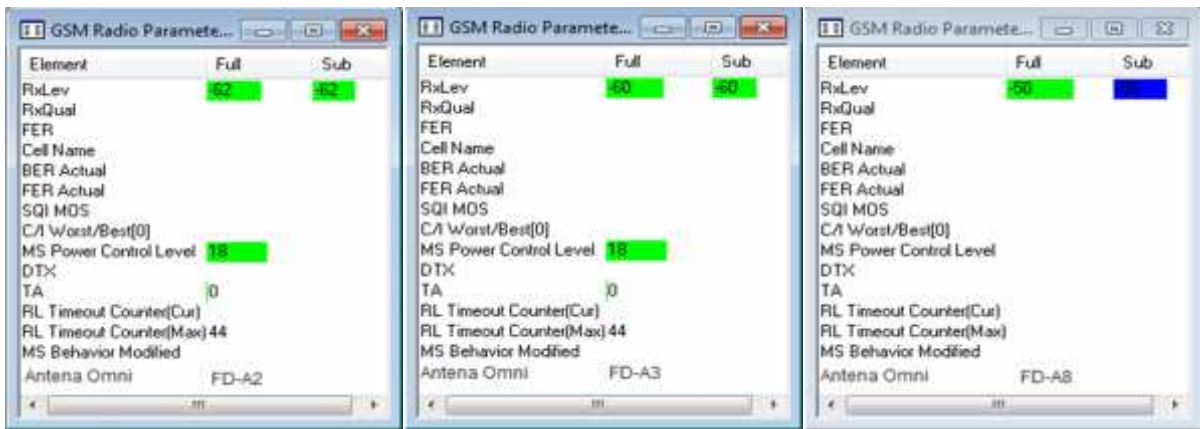
Dari gambar 4.7 diatas, menunjukkan nilai-nilai dari parameter UTRA *Carrier* RSSI untuk antena 1, 4 dan 9 yang berada di lantai dasar. Dari data tersebut diketahui bahwa parameter yang dihasilkan antena-antena tersebut masih buruk karena nilai yang dihasilkannya mencapai nilai -90 dBm. Untuk antena 1 nilai UTRA Carrier RSSI sebesar -89 dBm, antena 4 sebesar -93 dBm dan antena 9 sebesar -91 dBm. Secara keseluruhan UTRA *Carrier* RSSI diperlihatkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Kualitas Sinyal UTRA *Carrier* RSSI Lantai Dasar,1 dan 2

Lantai	Antena Omni	UTRA Carrier RSSI (dBm)	Warna	Status
LT-D	A-1	-89	Merah	Buruk
	A-4	-93	Merah	Buruk
	A-9	-91	Merah	Buruk
LT-1	A-1	-75	Kuning	Sedang
	A-3	-91	Merah	Buruk
	A-4	-89	Merah	Buruk
	A-5	-85	Merah	Buruk
	A-6	-78	Kuning	Sedang
	A-10	-78	Kuning	Sedang
	A-11	-97	Merah	Buruk
LT-2	A-1	-84	Merah	Buruk
	A-3	-86	Merah	Buruk
	A-4	-96	Merah	Buruk
	A-5	-85	Merah	Buruk
	A-11	-79	Kuning	Sedang
	A-12	-80	Kuning	Sedang

4.1.2.5 GSM Radio Parameter

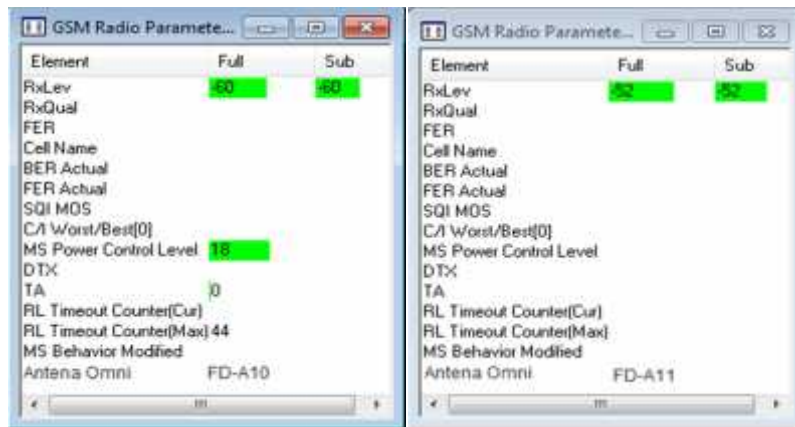
Pada dasarnya GSM *radio parameter* berfungsi sama dengan WCDMA *radio parameter* yaitu menampilkan informasi level daya yang diterima MS yang mendapatkan sinyal GSM dari antena yang melayaninya. Parameter-parameter yang ditampilkan GSM *radio parameter* dari hasil pengukuran mode *idle* dapat dilihat pada gambar 4.8 dibawah ini. Parameter tersebut terdiri dari RxLevel Full dan RxLevel Sub, MS *Power Control Level*, *Timing Advance* (TA) dan RL *Timeout Counter* (Max). Salah satu contoh hasil yang ditampilkan GSM *radio parameter* dapat dilihat pada gambar 4.8 dibawah ini.



(a) RxLevel Full FD-A2

(b) RxLevel Full FD-A3

(c) RxLevel Full FD-A8



(d) RxLevel Full FD-A10

(e) RxLevel Full FD-A11

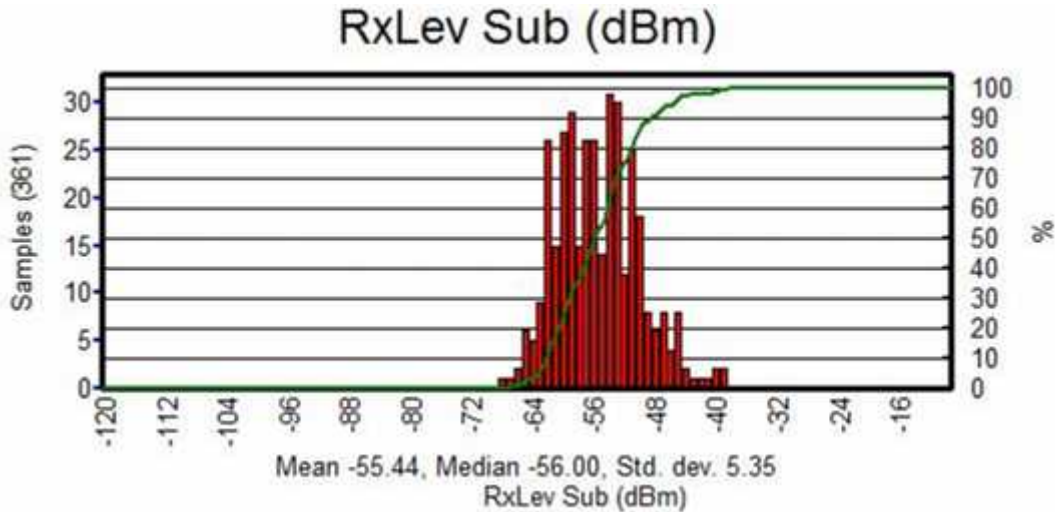
Gambar 4.8. GSM Radio parameter Lantai Dasar

4.1.3 Distribusi Grafik Parameter GSM dan WCDMA

Distribusi grafik parameter GSM dan WCDMA ditampilkan dalam bentuk grafik batang (*histogram*). Pada bab sebelumnya telah diketahui cara untuk menampilkan data hasil pengukuran dalam bentuk *histogram*. Beberapa parameter yang dapat ditampilkan dalam bentuk *histogram* antara lain adalah RxLevel Sub (dBm) dan *Timing Advance* (TA) untuk parameter GSM. Sedangkan untuk parameter WCDMA adalah SAN CPICH RSCP dan UTRA Carrier RSSI.

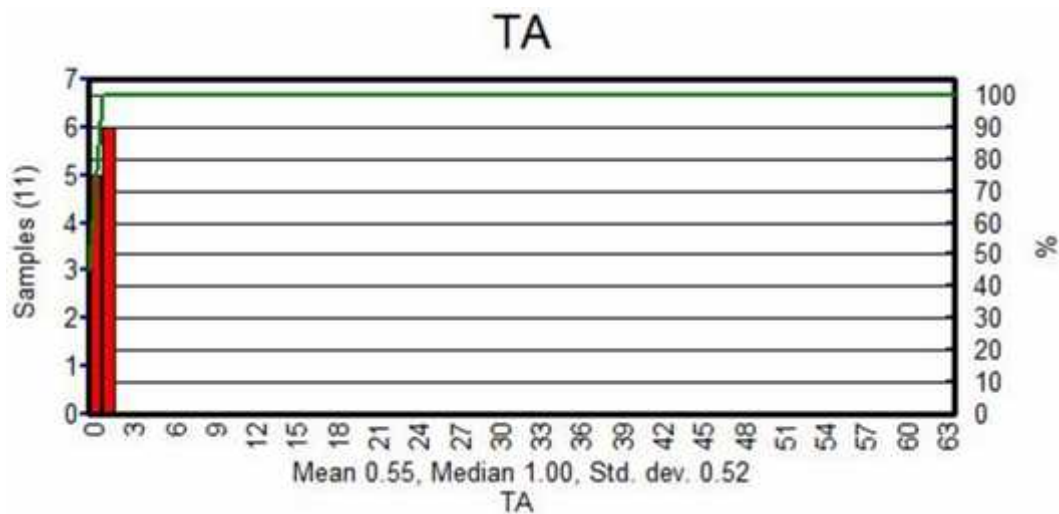
4.1.3.1 Parameter GSM

Parameter GSM yang ditampilkan dalam bentuk *histogram* terdiri dari RxLevel Sub (dBm) dan *Timing Advance* (TA).



Gambar 4.9. Distribusi Grafik RxLevel Sub (dBm) Lantai Dasar

Pada gambar 4.9 diatas dapat dilihat *range* nilai RxLevel Sub (dBm) pada lantai dasar dari -69 sampai -40 dBm diukur pada samples 0 sampai dengan 30 yang artinya terdapat 30 jumlah measurement yang dilakukan pada *cell* yang mengcover MS. Misalnya pada nilai -64 dBm terjadi 5 kali samples munculnya RxLevel Sub (dBm) pada *cell* yang mengcover MS. Grafik tertinggi terdapat pada nilai RxLevel -54 dBm dan grafik terendah terdapat pada nilai RxLevel -70 dBm. Pada distribusi grafik RxLevel Sub (dBm) terdapat garis hijau yang menunjukkan persentase secara kumulatif nilai RxLevel yang terjadi. Sebagai contoh nilai RxLevel -53 dBm di garis hijau adalah 98 % maka selama observasi nilai RxLevel -53 dBm muncul 98 % dari total *samples* atau *measurement*. Kedua nilai dari grafik tertinggi atau terendah tersebut tergolong dari kualitas sinyal yang bagus. Dengan kata lain RxLevel yang dihasilkan antenna *omni* untuk operator Indosat di gedung MAL ska sudah bisa dikatakan baik.



Gambar 4.10. Distribusi Grafik *Timing Advance* (TA) Lantai Dasar

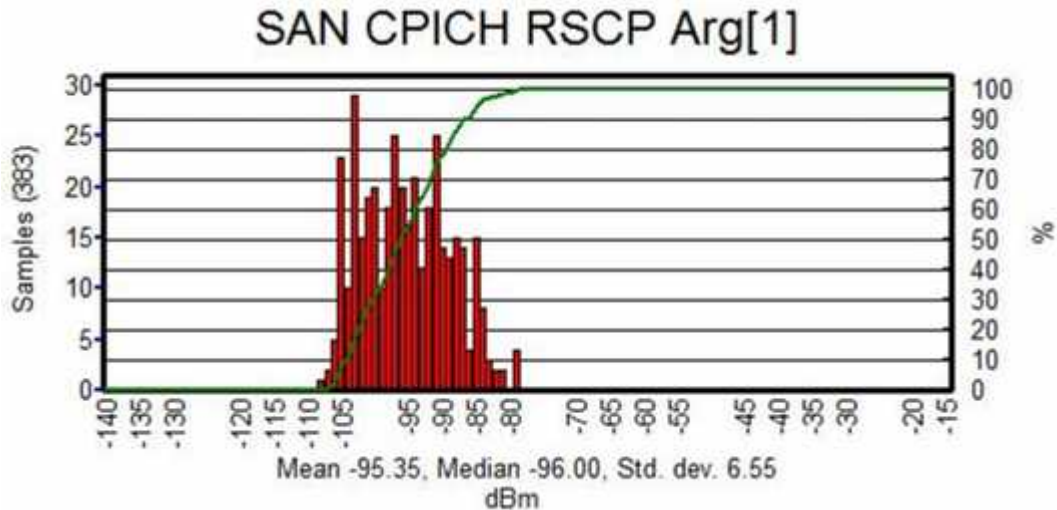
Gambar 4.10 diatas menampilkan distribusi grafik TA lantai dasar dari 0 hingga 1,5 meter yang diukur pada samples 0 sampai 7. Grafik tertinggi terdapat pada jarak 1,5 meter dengan jumlah total samples 6 dan grafik terendah pada jarak 0 meter dengan total *samples* 5. Salah 1 contoh nilai TA yang ditunjukkan dengan persentase secara kumulatif yaitu pada jarak 1,5 meter nilai persentasenya adalah 90 %, Maka selama observasi nilai TA 1,5 meter muncul 90 % dari total samples.

Tabel 4.5. Nilai *Mean*, *Median* dan *Std. dev* Untuk Parameter GSM

Lantai	Parameter GSM	Mean	Median	Std. dev
LT-D	RxLevel Sub (dBm)	-55,44	-56	5,35
	Timing Advance (meter)	0,55	1	0,52
LT-1	RxLevel Sub (dBm)	-53,35	-51	12,44
	Timing Advance (meter)	0,59	1	0,5
LT-2	RxLevel Sub (dBm)	-56,81	-56	7,53
	Timing Advance (meter)	1,3	1	1,49

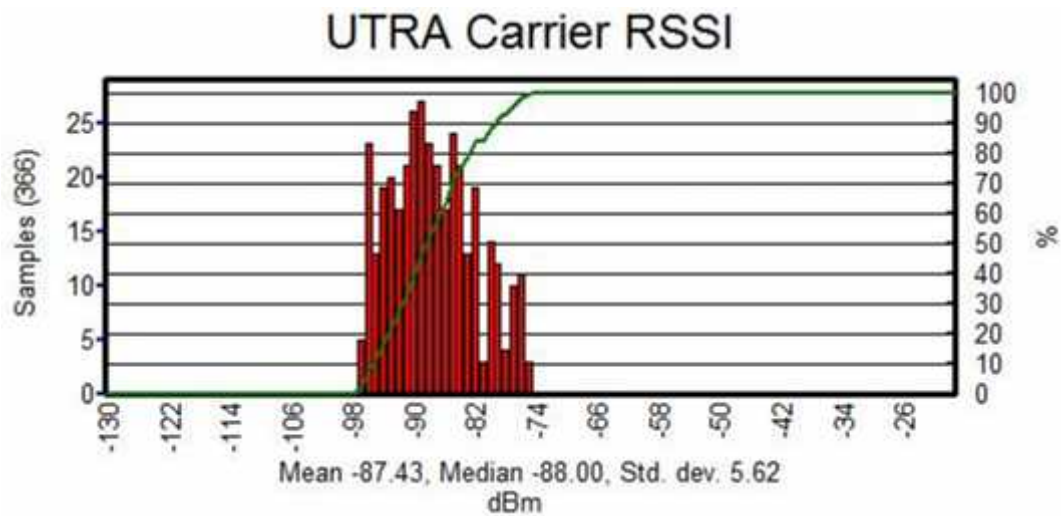
4.1.3.2 Parameter WCDMA

Parameter WCDMA yang ditampilkan dalam bentuk *histogram* terdiri dari SAN CPICH RSCP dan UTRA Carrier RSSI.



Gambar 4.11. Distribusi Grafik SAN CPICH RSCP Lantai Dasar

Sama halnya dengan distribusi grafik RxLevel Sub (dBm) sebelumnya distribusi grafik SAN CPICH RSCP pada gambar 4.11 diatas menunjukkan nilai SAN CPICH RSCP yang didapat pada lantai dasar yaitu dari nilai -108 dBm hingga -80 dBm yang diukur pada samples 0 sampai dengan 30. Grafik tertinggi dari SAN CPICH RSCP lantai dasar diatas terdapat pada nilai -100 dBm dan grafik terendah pada nilai -109 dBm. Sedangkan untuk contoh nilai persentase secara kumulatif pada SAN CPICH RSCP yang terjadi dperlihatkan pada garis hijau. Misalnya nilai SAN CPICH RSCP -95 dBm pada garis hijau sejajar dengan jumlah persentase 55, maka selama pengukuran dilakukan nilai -95 dBm muncul 55% dari total samples.



Gambar 4.12. Distribusi Grafik UTRA *Carrier* RSSI Lantai Dasar

Gambar 4.12 diatas adalah gambar distribusi grafik dari nilai UTRA *Carrier* RSSI yang menunjukkan *range* nilai yang didapat pada saat melakukan pengukuran yaitu dari nilai -97 dBm sampai -75 dBm dengan samples 0 hingga 30. Grafik tertinggi dari UTRA *Carrier* RSSI diatas terdapat pada nilai -89 dBm dengan 28 jumlah *samples*, sedangkan grafik terendah pada nilai -80 dBm dengan jumlah *samples* sebanyak 3.

Tabel 4.6. Nilai *Mean*, *Median* dan *Std. dev* Untuk Parameter WCDMA

Lantai	Parameter WCDMA	Mean	Median	Std. dev
LT-D	SAN CPICH RSCP (dBm)	-95,35	-96	6,55
	UTRA Carrier RSSI (dBm)	-87,43	-88	5,62
LT-1	SAN CPICH RSCP (dBm)	-96,54	-98	8,29
	UTRA Carrier RSSI (dBm)	-88,24	-89	7,23
LT-2	SAN CPICH RSCP (dBm)	-98,33	-99	6,97
	UTRA Carrier RSSI (dBm)	-88,76	-90	6,08

4.2 Analisis Performansi Jaringan

Data yang telah didapatkan penulis selama melakukan penelitian terdiri dari data *link budget* sebelum dan setelah pemasangan jaringan IBC di gedung MAL ska Pekanbaru serta *schematic diagramnya*. Analisis performansi jaringan yang akan dilakukan terdiri dari analisis *link budget* sebelum pemasangan jaringan dan analisis *link budget* setelah pemasangan jaringan atau yang sekarang telah terpasang di gedung MAL ska Pekanbaru. Dari data tersebut nantinya akan diketahui perbandingan nilai *Effective Isotropic Radiated Power* (EIRP) dan level sinyal terima yang dihasilkan dari tiap-tiap antenna.

4.2.1 *Link budget* Sebelum Pemasangan Jaringan

Di dalam gedung MAL ska Pekanbaru seluruh lantai mulai dari lantai dasar, 1, 2 dan 3 memiliki bentuk dan konstruksi yang sama. Selain itu antenna *omni* disetiap lantai gedung MAL ska memiliki *typical* yang sama kecuali antenna pada lantai tiga yang menggunakan antenna *directional*.

Nilai dari redaman-redaman perangkat yang digunakan untuk membangun jaringan IBC di gedung MAL ska Pekanbaru dapat dilihat dengan menggunakan tabel *link budget*. Data *link budget* sebelum pemasangan jaringan untuk lantai dasar dapat diperlihatkan pada lampiran D yaitu pada tabel D.1 dan D.2 untuk frekuensi 900 MHz dan 2150MHz pada halaman D-1. Secara menyeluruh *link budget* dari tiap-tiap lantai gedung MAL ska Pekanbaru dapat dilihat pada lampiran.

Dari tabel *link budget* perencanaan sebelum pemasangan jaringan frekuensi 900MHz dan 2150MHz untuk lantai dasar pada tabel D.1 dan D.2 dapat dicari nilai EIRP dari tiap-tiap antenna *indoor* yang terpasang disetiap lantai gedung MAL ska Pekanbaru. Nilai-nilai EIRP tersebut dapat dicari dengan cara menjumlahkan *output* BTS dengan seluruh redaman perangkat yang digunakan seperti *jumper*, *connector*, *combiner*, *power divider*, kabel *feeder* dan *gain* antenna seperti ditunjukkan pada persamaan 4.1.

$$\begin{aligned} EIRP_{Indoor} = & \text{output BTS} + \text{Gain Antena} + \text{Multi Network Combiner MNC} + \\ & \text{Jumper } 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + \text{Power Divider } 1 + 2 + 3 + \\ & \text{Connector } 1 + 2 + 3 + 4 + \text{Feeder } 1 + 2 \end{aligned}$$

Untuk frekuensi 900MHz :

$$\begin{aligned}
 EIRP_{FD-A1} &= 41 + 3 + -6,7 + -0,164 + -0,58 + -0,164 + -0,58 + \\
 &-0,164 + -0,164 + -0,58 + -6 + -5 + -3 + \\
 &-0,03 + -0,03 + -0,03 + -0,03 + -5,32 + \\
 &-0,924 = 14,624 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EIRP_{F1-A1} &= 41 + 3 + -6,7 + -0,164 + -0,164 + -0,164 + -0,164 + \\
 &-0,164 + -0,164 + -0,58 + -6 + -6 + -3 + \\
 &-0,03 + -0,03 + -0,03 + -0,03 + -6,16 + \\
 &-0,924 = 13,532 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EIRP_{F2-A1} &= 41 + 3 + -6,7 + -0,164 + -0,164 + -0,164 + -0,58 + \\
 &-0,164 + -0,164 + -0,58 + -6 + -6 + -3 + \\
 &-0,03 + -0,03 + -0,03 + -0,03 + -5,46 + \\
 &-0,924 = 13,816 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

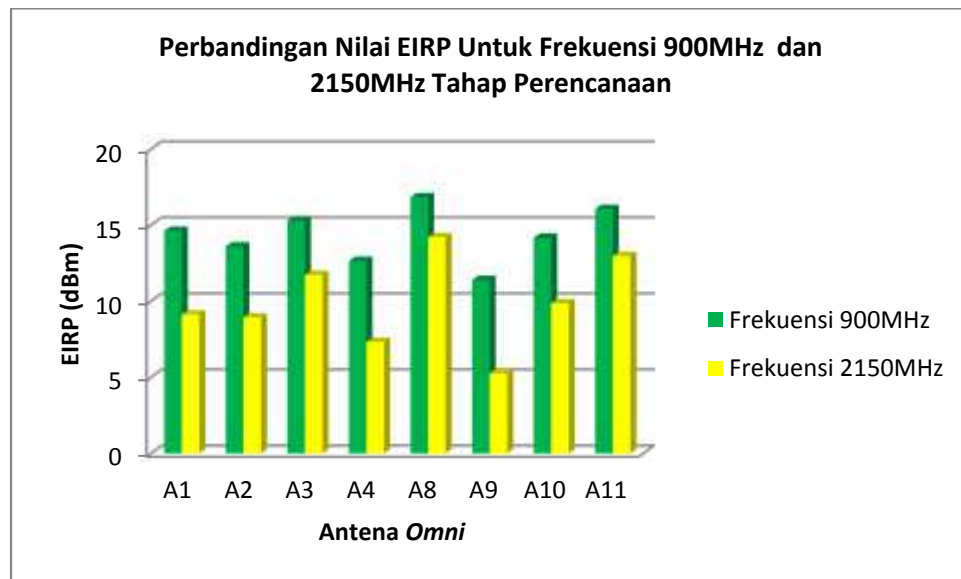
Untuk frekuensi 2150MHz :

$$\begin{aligned}
 EIRP_{FD-A1} &= 41 + 3 + -6,7 + -0,238 + -0,95 + -0,238 + -0,95 + \\
 &-0,238 + -0,238 + -0,95 + -6 + -5 + -3 + \\
 &-0,03 + -0,03 + -0,03 + -0,03 + -8,74 + \\
 &-1,518 = 9,258 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EIRP_{F1-A1} &= 41 + 3 + -6,7 + -0,238 + -0,238 + -0,238 + -0,238 + \\
 &-0,238 + -0,238 + -0,95 + -6 + -6 + -3 + \\
 &-0,03 + -0,03 + -0,03 + -0,03 + -10,12 + \\
 &-1,518 = 8,164 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EIRP_{F2-A1} = & 41 + 3 + (-6,7) + \{(-0,238) + (-0,238) + (-0,238) + (-0,95) + \\
 & (-0,238) + (-0,238) + (-0,95)\} + \{(-6) + (-6) + (-3)\} + \\
 & \{(-0,03) + (-0,03) + (-0,03) + (-0,03)\} + \{(-8,97) + \\
 & (-1,518)\} = 8,602 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Dari beberapa contoh perhitungan nilai EIRP untuk antenna *omni* tiap-taip lantai pada frekuensi 900MHz dan 2150MHz yang telah dibuat diatas dapat diketahui bahwa untuk frekuensi 900MHz nilai EIRP_{FD-A1} sebesar 14,624 dBm, EIRP_{F1-A1} sebesar 13,532 dBm dan EIRP_{F2-A1} sebesar 13,816 dBm. Sedangkan untuk frekuensi 2150MHz terjadi pengurangan nilai daya pancar antenna yaitu untuk nilai EIRP_{FD-A1} sebesar 9,120 dBm, EIRP_{F1-A1} sebesar 8,164 dBm dan EIRP_{F2-A1} sebesar 8,602 dBm. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar frekuensi yang digunakan maka akan semakin kecil nilai EIRP yang dihasilkan. Penurunan nilai EIRP dari frekuensi 900MHz menjadi 2150MHz dapat dilihat pada grafik perbandingan dibawah ini. Secara keseluruhan nilai EIRP tiap-tiap antenna untuk frekuensi 900MHz dan 2150MHz pada tahap perencanaan dapat dilihat pada lampiran.



Gambar 4.13. Grafik Perbandingan Nilai EIRP Untuk Frekuensi 900MHz Dan 2150MHz Lantai Dasar Pada Tahap Perencanaan

Pada gambar 4.13 diatas terlihat bahwa ketika terjadi perubahan frekuensi dari 900MHz menjadi 2150MHz maka akan terjadi penurunan nilai EIRP. Salah satu contohnya yaitu pada A1 nilai EIRP untuk frekuensi 900MHz sebesar 14,624 dBm dan untuk frekuensi 2150MHz sebesar 9,12 dBm maka terjadi penurunan nilai EIRP sebesar $\pm 5,5$ dBm. Maka dapat dicari rata-rata penurunan nilai EIRP untuk frekuensi 900MHz menjadi 2150MHz pada lantai dasar adalah sebesar $\pm 4,4$ dBm. Begitu pula untuk grafik perbandingan nilai EIRP untuk frekuensi 900MHz dan 2150MHz pada lantai 1 dan 2 secara keseluruhan dapat dilihat pada lampiran.

Nilai-nilai EIRP yang dihitung pada grafik diatas adalah nilai EIRP dari antenna-antenna yang diukur pada saat melakukan pengukuran yaitu antenna *omni* yang berada disepanjang lorong tiap-tiap lantai gedung MAL ska Pekanbaru

4.2.2 *Link budget* Setelah Pemasangan Jaringan

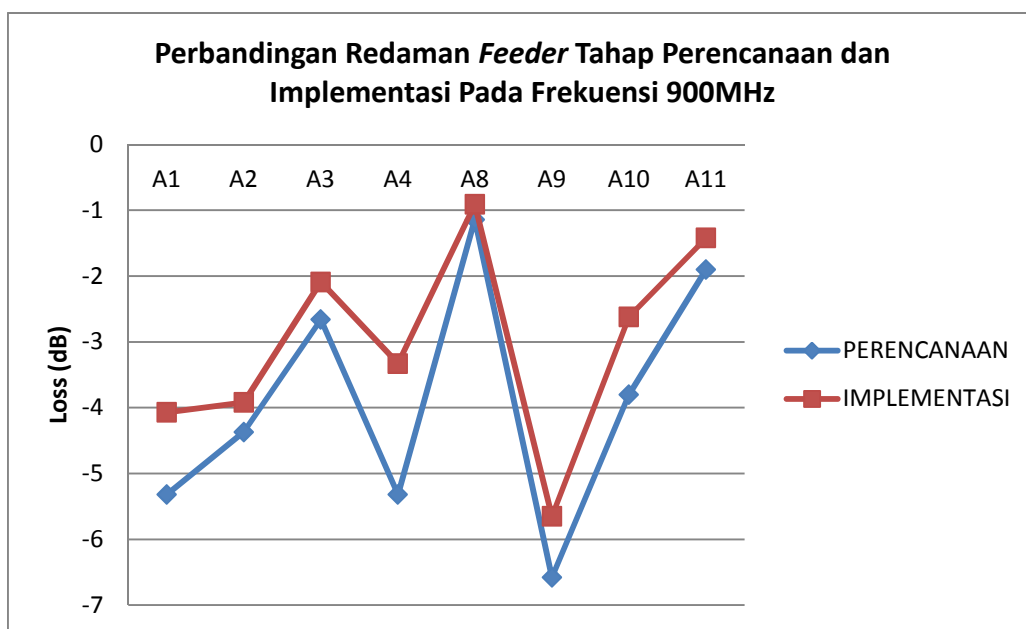
Perbedaan yang paling mendasar dari *link budget* sebelum pemasangan jaringan dengan *link budget* setelah pemasangan jaringan atau yang telah terimplementasi terletak pada panjang kabel *feeder* yang digunakan pada jaringan tersebut. Dengan adanya perubahan panjang kebel *feeder* dari perencanaan ke implementasi maka akan mempengaruhi level sinyal terima yang dihasilkan antenna *omnidirectional* tersebut. Semakin panjang kabel *feeder* yang digunakan maka akan semakin besar nilai redaman yang dihasilkannya, begitu pula sebaliknya semakin pendek kabel *feeder* yang digunakan maka semakin kecil pula nilai redaman yang dihasilkannya. Dengan adanya perubahan nilai redaman tersebut maka terjadi pula perubahan pada nilai daya pancar yang dihasilkan antenna atau nilai EIRP-nya sehingga akan mempengaruhi level sinyal yang dihasilkan.

Pada antenna 1 lantai dasar panjang kabel *feeder* yang akan digunakan pada tahap perencanaan mencapai 190 meter dengan nilai redaman sebesar -5,32 dB. Namun setelah implementasi ternyata panjang kabel *feeder* yang digunakan untuk antenna 1 lantai dasar hanya mencapai 145,6 meter sehingga mengurangi nilai redaman yang dihasilkannya yaitu sebesar -4,076 dB. Begitu pula pada antenna 1 lantai 1 panjang kabel *feeder* pada tahap perencanaan adalah 220 meter dengan redaman sebesar -6,16 dB, setelah implementasi panjang kabel *feedernya* hanya mencapai 167,6 meter dengan redaman sebesar -4,692. dB. Sedangkan untuk antenna 1 lantai 2 pada tahap perencanaan kabel *feeder* mencapai panjang 195 meter dengan

redaman sebesar -5,46 dB dan setelah implementasi hanya mencapai panjang 150,7 meter dengan nilai redaman sebesar -4,219 dB.

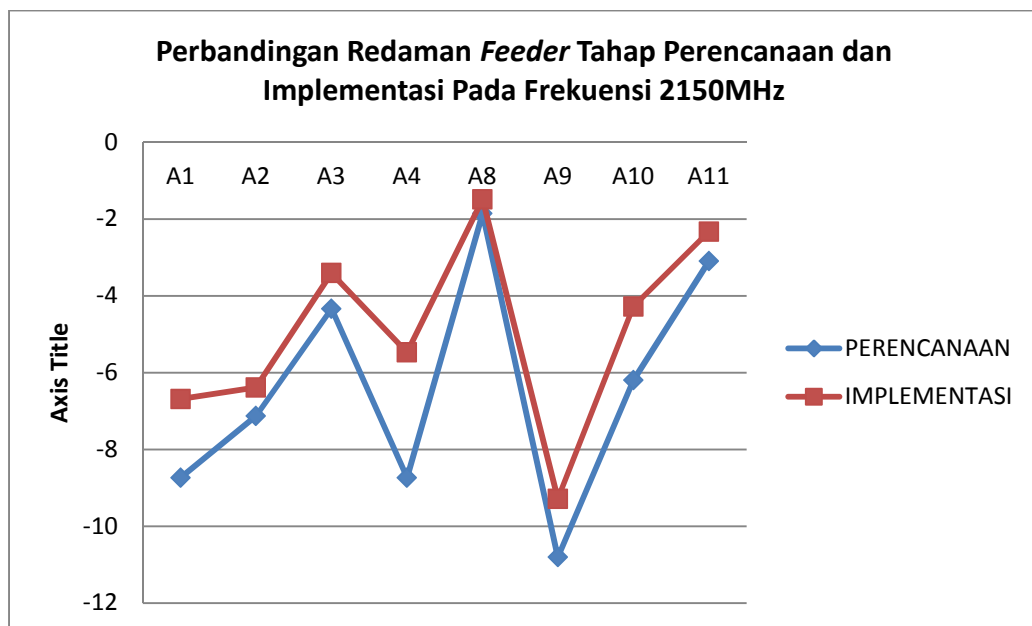
Dari perubahan-perubahan panjang dan nilai redaman kabel *feeder* yang digunakan dari tahap perencanaan menuju implementasi maka terjadi pula perubahan pada nilai EIRP yang dihasilkan antenna pada tiap-tiap lantai. Contohnya pada antenna 1 lantai dasar yang memiliki panjang kabel *feeder* 190 meter dan redaman sebesar -5,32 dB menghasilkan EIRP antenna sebesar 14,624 dBm. Setelah implementasi perubahan panjang dari 190 meter menjadi 145,6 meter dengan redaman -4,076 dB menghasilkan EIRP antenna sebesar 15,867 dBm. Dari analisis diatas dapat disimpulkan bahwa perbedaan panjang dan nilai redaman kabel *feeder* yang digunakan pada tahap perencanaan dengan implementasi sangat mempengaruhi nilai EIRP yang dihasilkan antenna *omni* dari operator Indosat.

Perbandingan redaman kabel *feeder* serta nilai EIRP untuk frekuensi 900MHz dan 2150MHz pada tahap perencanaan dan setelah implementasi pada lantai dasar dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



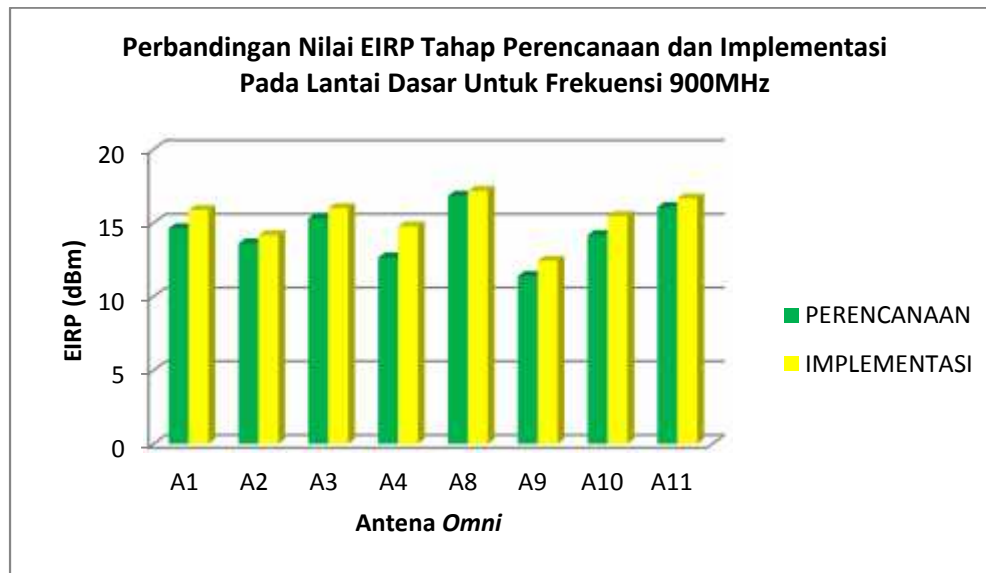
Gambar 4.14. Grafik Perbandingan Redaman *Feeder* Tahap Perencanaan Dan Implementasi Pada Lantai Dasar Untuk Frekuensi 900MHz

Pada gambar diatas terlihat bahwa nilai redaman *feeder* pada tahap perencanaan lebih besar dibandingkan nilai redaman *feeder* setelah implementasi, hal tersebut dikarenakan panjang kabel yang digunakan pada implementasi lebih pendek daripada yang direncanakan. Dengan mengurangi nilai redaman *feeder* A1 pada tahap perencanaan dengan implementasi dapat diketahui selisih perbandingan nilai redaman feeder sebesar $\pm 1,25$ dB. Jadi dapat disimpulkan bahwa rata-rata peningkatan nilai redaman pada tahap perencanaan ke implementasi untuk lantai dasar pada frekuensi 900MHz adalah sebesar $\pm 0,88$ dB.



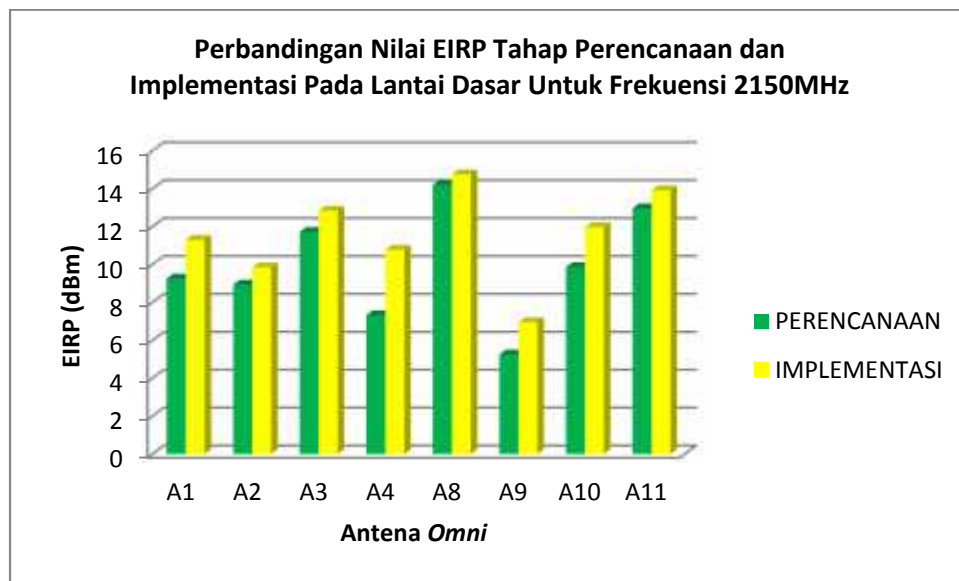
Gambar 4.15. Grafik Perbandingan Redaman *Feeder* Tahap Perencanaan Dan Implementasi Pada Lantai Dasar Untuk Frekuensi 2150MHz

Sama halnya dengan grafik perbandingan redaman *feeder* tahap perencanaan dan implementasi pada lantai dasar untuk frekuensi 900MHz, pada frekuensi 2150MHz nilai redaman *feeder* pada tahap perencanaan lebih besar dibandingkan dengan implementasi dengan rata-rata peningkatan nilai EIRP pada lantai dasar sebesar $\pm 1,44$ dB.



Gambar 4.16. Grafik Perbandingan Nilai EIRP Tahap Perencanaan Dan Implementasi Pada Lantai Dasar Untuk Frekuensi 900MHz

Gambar 4.16 menunjukkan grafik perbandingan nilai EIRP tahap perencanaan dan implementasi pada lantai dasar untuk frekuensi 900MHz dimana nilai EIRP implementasi lebih besar dibanding perencanaan. Hal tersebut dikarenakan pengaruh dari panjang kabel serta nilai redaman yang dihasilkan pada saat perencanaan dengan implementasi yang dilakukan. Adapun rata-rata peningkatan nilai EIRP yang terjadi dari tahap perencanaan dengan implementasi pada gambar diatas adalah sebesar $\pm 0,97$ dBm. Sedangkan untuk lantai 1 dan 2 terjadi peningkatan nilai EIRP sebesar $\pm 1,49$ dBm dan $\pm 1,50$ dBm.



Gambar 4.17. Grafik Perbandingan Nilai EIRP Tahap Perencanaan Dan Implementasi Pada Lantai Dasar Untuk Frekuensi 2150MHz

Untuk peningkatan rata-rata nilai EIRP tahap perencanaan dengan implementasi untuk frekuensi 2150MHz yang terlihat pada gambar diatas pada lantai dasar sebesar $\pm 1,60$ dBm, lantai 1 sebesar $\pm 2,49$ dBm dan untuk lantai 2 sebesar $\pm 2,46$ dBm. Secara keseluruhan perbandingan dari panjang kabel dan redamannya serta nilai EIRP pada tahap perencanaan dan implementasi untuk frekuensi 900MHz dan 2150MHz dapat dilihat pada lampiran.

Dari hasil perhitungan nilai EIRP setelah implementasi penulis membandingkan dengan level sinyal terima yang dihasilkan setelah melakukan pengukuran dengan cara *walktest* mode *idle* untuk mendapatkan level sinyal yang paling baik. Dari beberapa hasil yang didapatkan pada tiap-tiap antenna untuk lantai dasar, 1 dan 2 kualitas sinyal yang kurang baik bahkan buruk dihasilkan oleh sinyal WCDMA-nya seperti pada antenna 1, 4 dan 9 pada lantai dasar. Antena 1 dan 4 menghasilkan nilai RSCP sebesar -92 dan -95 dBm dengan EIRP sebesar 11,300 dan 10,776 dBm, sedangkan antenna 9 menghasilkan level sinyal terima yang buruk yaitu RSCP sebesar -101 dBm dengan nilai EIRP sebesar 6,958 dBm. Dari perbandingan nilai EIRP dengan level sinyal terima yang dihasilkan pada saat pengukuran dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai EIRP yang dihasilkan antenna maka akan semakin bagus level sinyal yang dihasilkannya, begitu pula sebaliknya semakin kecil nilai EIRP yang dihasilkan antenna tersebut maka akan semakin buruk pula sinyal yang

dihasilkannya. Namun untuk sinyal GSM-nya tiap-tiap antenna pada lantai dasar, 1 dan 2 sudah dikatakan sangat baik karena rata-rata menghasilkan nilai RxLevel diatas -60 dBm.

Pada setiap lantai digedung MAL ska selalu ada beberapa antenna yang menghasilkan sinyal yang buruk, seperti pada lantai 1 level sinyal terima yang buruk dihasilkan oleh antenna 3 dan antenna 11. Antena 3 menghasilkan nilai RSCP sebesar -104 dBm dengan EIRP sebesar 13,320 dBm dan antenna 11 menghasilkan nilai RSCP sebesar -105 dBm dengan nilai EIRP sebesar 13,122 dBm. Sedangkan pada lantai 2 antenna yang menghasilkan sinyal yang buruk adalah antenna 1 dengan nilai RSCP sebesar -103 dBm yang memiliki nilai EIRP sebesar 11,237 dBm. Secara keseluruhan perbandingan nilai EIRP dengan level sinyal terima yang dihasilkan antenna *omni* setelah implementasi dapat dilihat pada tabel 4.7 dibawah ini.

Tabel 4.7. Perbandingan Nilai EIRP Dengan Level Sinyal Setelah Implementasi

Lantai	Antenna <i>Omni</i>	EIRP (dBm)	GSM	WCDMA	Status
			RxLevel Sub (dBm)	RSCP (dBm)	
LT-D	A-1	11,300		-92	Sedang
	A-2	14,158	-62		Bagus
	A-3	15,986	-60		Bagus
	A-4	10,776		-95	Sedang
	A-8	17,164	-50		Sangat Bagus
	A-9	6,958		-101	Buruk
	A-10	15,455	-60		Bagus
	A-11	16,651	-52		Bagus
LT-1	A-1	11,173		-84	Bagus
	A-2	15,325	-53		Bagus
	A-3	13,320		-104	Buruk
	A-4	8,232		-99	Sedang
	A-5	14,083		-95	Sedang
	A-6	16,908		-85	Bagus
	A-9	18,274	-40		Sangat bagus
	A-10	9,866		-83	Bagus
	A-11	13,122		-105	Buruk
	A-12	16,509	-49		Sangat bagus
	A-13	17,472	-46		Sangat bagus
	A-15	18,572	-39		Sangat bagus
LT-2	A-1	11,237		-103	Buruk
	A-2	14,062	-83		Sedang
	A-3	11,794		-100	Sedang
	A-4	12,612		-98	Sedang
	A-5	12,502		-99	Sedang
	A-8	18,052	-47		Sangat bagus
	A-11	9,664		-91	Sedang
	A-12	11,777		-97	Sedang
	A-14	17,187	-57		Bagus
	A-15	18,147	-54		Bagus

Dari perbandingan nilai EIRP dengan level sinyal terima disetiap lantai gedung MAL ska Pekanbaru yang dihasilkan pada tabel diatas dapat diketahui nilai EIRP yang tertinggi dan terendah. Untuk sinyal GSM antenna yang menghasilkan nilai EIRP tertinggi adalah antenna

pada lantai 1 yaitu pada antenna 15 dengan nilai EIRP sebesar 18,572 dBm dan menghasilkan nilai RxLevel sebesar -39 dBm. Sedangkan antenna yang menghasilkan nilai EIRP terendah adalah antenna 2 lantai 2 dengan nilai EIRP sebesar 14,062 dBm dan menghasilkan sinyal RxLevel sebesar -83 dBm. Untuk sinyal WCDMA antenna yang menghasilkan nilai EIRP tertinggi adalah antenna 6 lantai 1 dengan nilai EIRP sebesar 16,908 dBm dan menghasilkan nilai RSCP sebesar -85 dBm. Sedangkan antenna yang menghasilkan nilai EIRP terendah adalah antenna 9 lantai dasar yaitu 6,958 dBm dan menghasilkan nilai RSCP sebesar -101 dBm.

Dari hasil diatas dapat dibuat selisih nilai EIRP dan kualitas sinyal tertinggi dengan terendah untuk sinyal WCDMA dengan cara mengurangi jumlah nilai EIRP tertinggi dan terendah yaitu 16,908 dikurangi 6,958 sama dengan 9,95 dBm dan nilai RSCP tertinggi dikurangi nilai RSCP terendah yaitu -85 dikurangi -101 sama dengan 16 dBm. Begitu pula untuk sinyal GSM didapat selisih nilai EIRP sama dengan 4,51 dBm dan RxLevel-nya 44 dBm. Dari hasil analisa kualitas sinyal GSM dan WCDMA dengan perhitungan *link budget* yang telah dilakukan pada tahap implementasi diketahui bahwa dengan adanya perubahan frekuensi dari 900MHz menjadi 2150MHz maka akan terjadi penurunan nilai EIRP rata-rata sebesar 3,76 dBm untuk lantai dasar, 3,39 dBm untuk lantai 1 dan 3,74 dBm untuk lantai 2.

Dari hasil pengukuran sinyal yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa sinyal GSM yang dihasilkan antenna IBC untuk operator Indosat digedung MAL ska Pekanbaru sudah tergolong sangat bagus. Namun untuk sinyal WCDMA yang dihasilkannya masih dikatakan kurang baik dan diperlukan adanya optimasi jaringan agar sinyal yang dihasilkan jauh lebih baik dari sebelumnya.

4.3 Desain Optimasi Jaringan

Salah satu tahap dalam proses optimasi jaringan adalah dengan cara melakukan *walktest* yang hasilnya berfungsi untuk mengetahui kondisi sinyal di suatu tempat dan kemudian dilakukan optimasi jaringan berdasarkan data hasil *walktest* yang telah didapat dilapangan. Optimasi jaringan dilakukan untuk memperbaiki kualitas sinyal agar menjadi lebih baik dari sebelumnya, salah satu keuntungan dalam optimasi jaringan adalah untuk mendapatkan performansi jaringan yang mendekati tujuan awal desain.

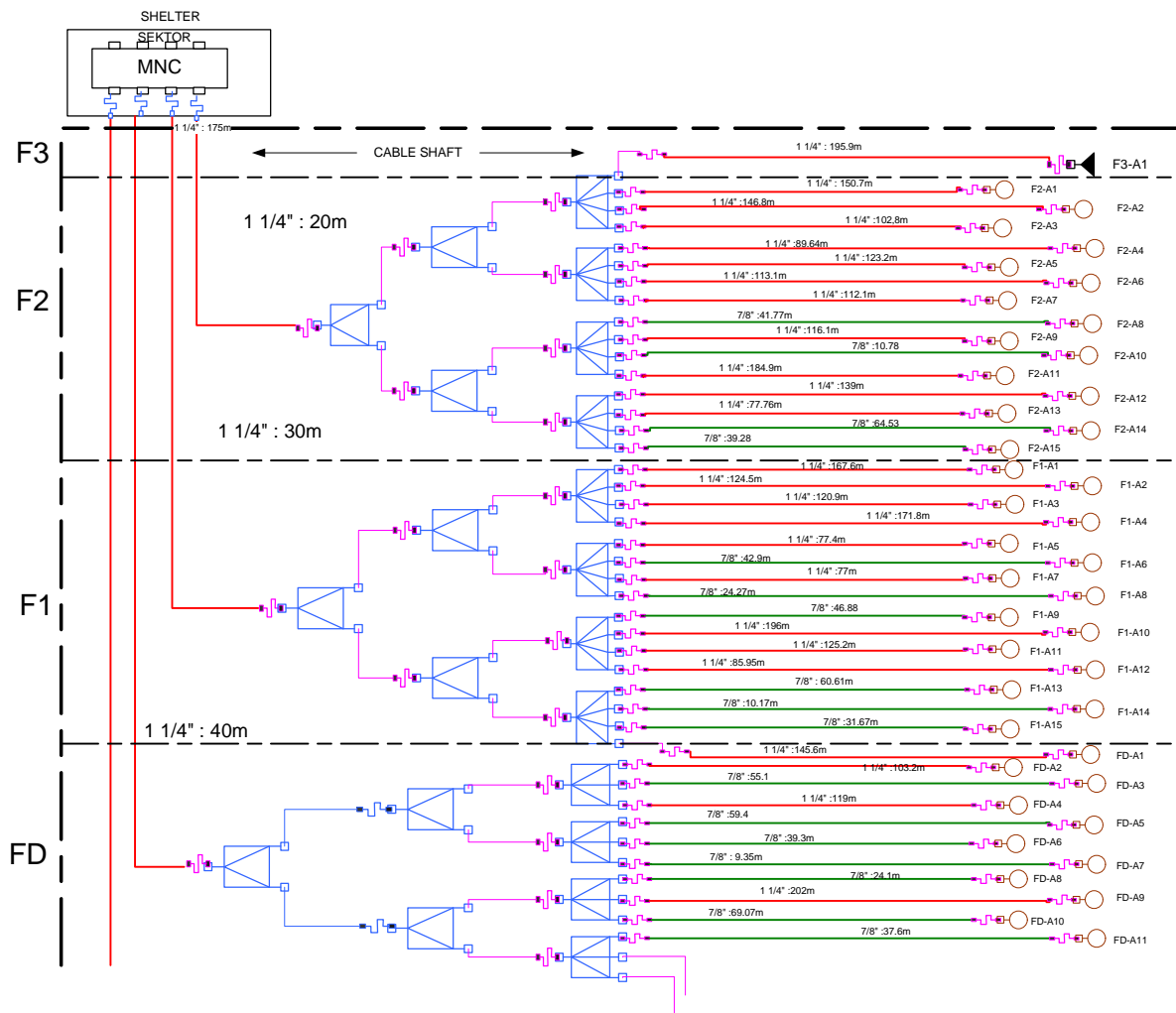
Dari hasil pengukuran sinyal yang dilakukan ternyata level sinyal terima jaringan WCDMA yang dihasilkan antenna IBC untuk operator Indosat masih dikatakan kurang baik

dan diperlukan adanya optimasi jaringan. Setelah dianalisis proses optimasi jaringan untuk operator Indosat dapat dilakukan dengan 3 cara yaitu :

1. Melakukan penambahan jumlah kabel pada *port* MNC yang masih kosong. Sehingga setiap kabel pada *port* MNC dapat *mengcover* 1 lantai sekaligus secara maksimal. Dengan melakukan penambahan jumlah kabel pada *port* MNC maka jenis *splitter* yang digunakan dari *4-way splitter* dapat diganti menjadi *2-way splitter*, sehingga mengurangi nilai redaman yang dihasilkan.
2. Pergantian jenis kabel *feeder* dari *feeder* 7/8 menjadi *feeder* 1 ¼. Dengan melakukan pergantian jenis *feeder* maka akan mengurangi jumlah *loss* yang dihasilkan karena semakin besar jenis *feeder* yang digunakan maka akan semakin kecil nilai redamannya.
3. Pergantian dan penambahan jumlah *splitter* dari *4-way splitter* menjadi *2-way splitter*, sehingga nilai redaman yang dihasilkannya semakin kecil.

Output dari optimasi jaringan ini adalah nilai EIRP yang baru, dengan adanya perubahan pada nilai EIRP baru yang dibuat maka diharapkan akan menghasilkan kualitas sinyal baru yang jauh lebih baik dari sebelumnya.

Desain jaringan yang akan dibuat berupa *schematic diagram* yang mempengaruhi perangkat-perangkat dalam membangun jaringan IBC oprator Indosat di MAL ska Pekanbaru. Adapun bentuk dari desain jaringan yang baru dapat dilihat pada gambar 4.18. Dari gambar *schematic diagram* baru dibawah dapat dilihat seluruh proses optimasi yang dilakukan seperti penambahan kabel pada *port* MNC yang masih kosong sehingga setiap kabel dapat *mengcover* satu lantai secara maksimal. Untuk pergantian jenis kabel hanya dilakukan pada antenna yang memiliki panjang kabel diatas 70m seperti pada lantai 2 yaitu antenna 2, 3, 4, 6, 7, 9 dan 13 yang memiliki panjang dari 77m hingga 146m namun masih memakai jenis *feeder* 7/8. Untuk lantai 1 dan lantai dasar pergantian jenis *feeder* dari 7/8 menjadi 1 ¼ dilakukan pada antenna 2, 4, 5 dan 12 pada lantai 1 dan antenna 2 pada lantai dasar.



Gambar 4.18. Desain Optimasi Jaringan Baru

Desain optimasi jaringan yang telah dibuat pada gambar 4.18 diatas memiliki kelebihan dan kekurangan dari desain sebelumnya yang telah dibuat oleh operator, yaitu kelebihan adalah menghasilkan nilai EIRP dan estimasi kualitas sinyal yang diharapkan jauh lebih baik dari hasil pengukuran yang telah dilakukan sebelumnya. Sedangkan kekurangannya adalah dari segi ekonomis yaitu adanya penambahan dan pergantian perangkat seperti penambahan jumlah kabel feeder 1 1/4 pada *Multi Network Combiner* (MNC) dari 2 buah kabel menjadi 4 buah kabel, kemudian pergantian kabel feeder dari jenis 7/8 menjadi 1 1/4 pada setiap lantai dan penambahan jumlah *splitter* dari 5 buah *splitter* pada implementasi

menjadi 9 buah *splitter* pada desain optimasi, sehingga biaya yang dikeluarkan untuk desain optimasi tersebut jauh lebih banyak.

Dari desain optimasi jaringan diatas dapat dibuat tabel *link budget* yang baru untuk frekuensi 900MHz dan 2150MHz. Sehingga menghasilkan nilai EIRP yang baru untuk frekuensi tersebut dan dapat diestimasi kualitas sinyal baru yang dihasilkannya dari hasil kualitas sinyal sebelumnya. Perhitungan *Link budget* pada lantai dasar, 1 dan 2 untuk *schematic diagram* diatas dapat dilihat pada lampiran D halaman D-7, D-8 dan D-9.

Dengan menggunakan persamaan 4.1 dapat dihitung nilai EIRP untuk frekuensi 900MHz dan 2150MHz dari *link budget* baru untuk lantai dasar, 1 dan 2 untuk operator Indosat di gedung MAL ska Pekanbaru. Dari analisis pengukuran sinyal yang telah dibuat sebelumnya diketahui bahwa level sinyal jaringan GSM yang dihasilkan dari nilai EIRP terendah terdapat pada antenna 2 lantai 2 yaitu sebesar 14,062 dBm dan menghasilkan nilai RxLevel sebesar -83 dBm. Sedangkan level sinyal jaringan WCDMA yang dihasilkan dari nilai EIRP terendah terdapat pada antenna 9 lantai dasar dengan nilai sebesar 6,958 dBm dan menghasilkan nilai RSCP sebesar -101. Nilai EIRP dari implementasi ke desain optimasi pada antenna 2 lantai 2 dapat dihitung secara matematis sehingga terlihat jelas peningkatan yang terjadi yaitu sebagai berikut.

Implementasi :

$$\begin{aligned} EIRP_{F2-A2} &= 41 + 3 + -6,7 + -0,164 + -0,164 + -0,164 + -0,58 + \\ &\quad -0,164 + -0,164 + -0,58 + -6 + -6 + -3 + \\ &\quad -0,03 + -0,03 + -0,03 + -0,03 + -5,5772 + \\ &\quad -0,56 = 14,062 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Desain Optimasi :

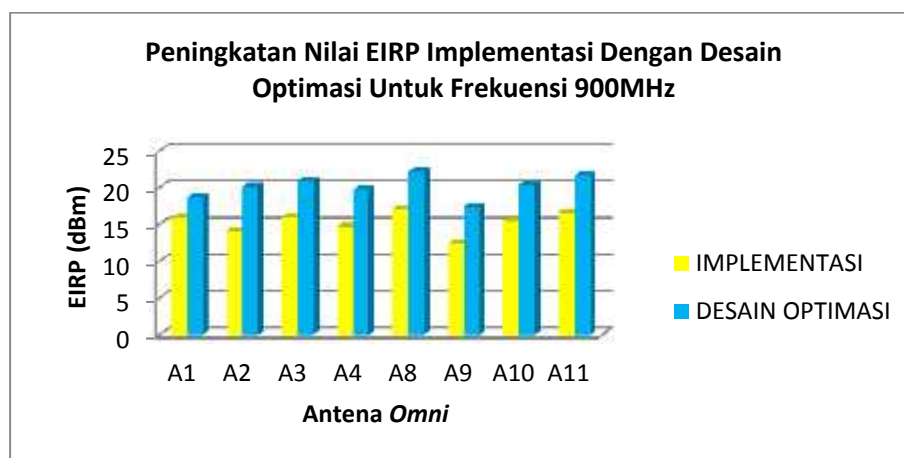
$$\begin{aligned} EIRP_{F2-A2} &= 41 + 3 + -6,7 + -0,164 + -0,164 + -0,164 + -0,164 + \\ &\quad -0,164 + -0,164 + -0,58 + -6 + -3 + -3 + \\ &\quad -0,03 + -0,03 + -0,03 + -0,03 + -4,1104 + \\ &\quad -0,56 = 18,9456 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diketahui bahwa peningkatan nilai $EIRP_{F2-A2}$ pada implementasi ke desain optimasi dikarenakan adanya pergantian *splitter 4-way* menjadi *2-way splitter* dan kabel *feeder 7/8* menjadi *1 1/4* sehingga mengurangi nilai redaman yang dihasilkan. Dari hasil tersebut dapat diketahui peningkatan nilai $EIRP$ *link budget* setelah implementasi dengan *link budget* baru yang didesain untuk proses optimasi jaringan dengan cara :

$$\text{Peningkatan Nilai } EIRP_{\text{Imple-Opti}} = \frac{EIRP_{\text{Optimasi}} - EIRP_{\text{Implementasi}}}{EIRP_{\text{Implementasi}}} \times 100\%$$

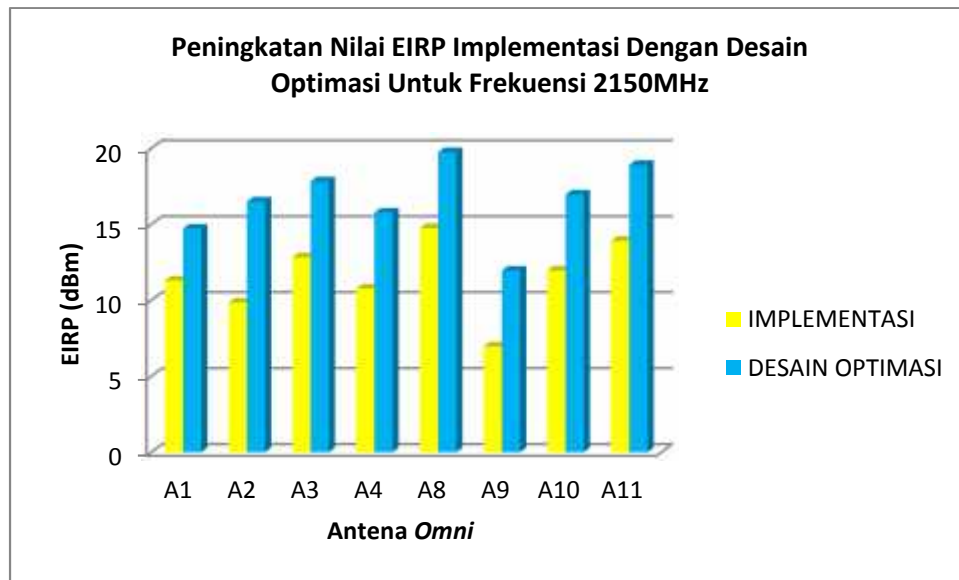
$$\begin{aligned} \text{Peningkatan Nilai } EIRP_{F2-A2} &= \frac{18,9456 - 14,062}{14,062} \times 100\% \\ &= \frac{4,8836}{14,062} \times 100\% = 34,7\% \end{aligned}$$

Dari perhitungan yang telah dibuat diatas dapat diketahui peningkatan nilai $EIRP$ setelah implementasi dengan desain optimasi pada antenna 2 lantai 2 sebesar 34.7% yaitu terjadi peningkatan sebesar ± 4.8 dB. Dengan adanya peningkatan nilai $EIRP$ menjadi lebih besar maka diharapkan akan menghasilkan level sinyal terima yang jauh lebih baik dari sebelumnya. Peningkatan nilai $EIRP$ setelah implementasi dengan desain optimasi untuk frekuensi 900MHz dan 2150MHz dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.19. Grafik Peningkatan Nilai EIRP Implementasi Dengan Desain Optimasi Lantai Dasar Untuk Frekuensi 900MHz

Dari gambar 4.19 diatas terlihat bahwa terjadi peningkatan rata-rata nilai EIRP yang cukup besar yaitu sebesar $\pm 4,85$ dBm. Sedangkan untuk lantai 1 dan 2 terjadi peningkatan rata-rata nilai EIRP sebesar $\pm 3,13$ dBm dan $\pm 3,75$ dBm. Untuk peningkatan nilai EIRP pada frekuensi 2150MHz dari implementasi ke desain optimasi pada lantai dasar dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.20. Grafik Peningkatan Nilai EIRP Implementasi Dengan Desain Optimasi Lantai Dasar Untuk Frekuensi 2150MHz

Peningkatan Nilai EIRP Implementasi Dengan Desain Optimasi Lantai Dasar Untuk Frekuensi 2150MHz pada gambar diatas dapat pula dihitung rata-rata peningkatannya seperti pada frekuensi 900MHz. Untuk lantai dasar terjadi peningkatan sebesar $\pm 5,01$ dBm, lantai 1 dan sebesar $\pm 3,26$ dBm dan untuk lantai 2 sebesar $\pm 4,32$ dBm. Secara keseluruhan peningkatan nilai EIRP implementasi dengan desain optimasi untuk frekuensi 900MHz dan 2150MHz dapat dilihat pada lampiran.

Dari hasil desain optimasi diatas dapat dibuat perbandingan rata-rata nilai EIRP setelah implementasi dengan desain optimasi jaringan yang telah dibuat sehingga dapat diketahui berapa persen peningkatan nilai parameter tersebut dari implementasi menuju desain optimasi. Pada tabel 4.15 rata-rata nilai EIRP optimasi untuk frekuensi 900MHz pada lantai dasar sebesar 20,164 dBm, pada lantai 1 sebesar 19,700 dBm dan pada lantai 2 sebesar 19,879 dBm. Sedangkan untuk frekuensi 2150Mhz rata-rata nilai EIRP pada lantai dasar sebesar 16,55 dBm, pada lantai 1 sebesar 16,43 dBm dan pada lantai 2 sebesar 16,66 dBm.

Peningkatan rata-rata nilai EIRP dari implementasi ke desain optimasi dapat dihitung secara matematis menggunakan persamaan 4.2 yaitu dengan cara nilai EIRP_{Optimasi} dikurangi dengan EIRP_{Implementasi} dibagi dengan EIRP_{Implementasi} dikalikan dengan 100%. Salah satu contoh peningkatan rata-rata nilai EIRP untuk frekuensi 900MHz dan 2150MHz pada lantai dasar dapat dihitung sebagai berikut.

Untuk frekuensi 900MHz :

$$\text{Peningkatan Rata - Rata Nilai EIRP}_{LT-D} = \frac{20,164 - 15,306}{15,306} \times 100\% \\ = 31,7\%$$

Untuk frekuensi 2150MHz :

$$\text{Peningkatan Rata - Rata Nilai EIRP}_{LT-D} = \frac{16,55 - 11,54}{11,54} \times 100\% \\ = 43,4\%$$

Dengan demikian peningkatan rata-rata nilai EIRP untuk frekuensi 900MHz dan 2150MHz pada lantai dasar mencapai 31,7% dan 43,4% dari implementasi menuju desain optimasi jaringan. Dengan perhitungan yang sama peningkatan rata-rata nilai EIRP untuk frekuensi 900MHz dan 2150MHz pada lantai 1 dan 2 secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.8. Peningkatan Rata-Rata Nilai EIRP dari Implementasi ke Desain Optimasi untuk Frekuensi 900MHz

Lantai	EIRP Implementasi (dBm)	EIRP Optimasi (dBm)	Peningkatan (%)
	Mean	Mean	
LT-D	15,306	20,164	31,7
LT-1	16,567	19,700	18,9
LT-2	16,082	19,879	23,6

Tabel 4.9. Peningkatan Rata-Rata Nilai EIRP dari Implementasi ke Desain Optimasi untuk Frekuensi 2150MHz

Lantai	EIRP Implementasi (dBm)	EIRP Optimasi (dBm)	Peningkatan (%)
	Mean	Mean	
LT-D	11,54	16,55	43,4
LT-1	13,17	16,43	24,7
LT-2	12,34	16,66	35

Dari tabel diatas dapat dilihat peningkatan rata-rata nilai EIRP untuk frekuensi 900MHz pada lantai 1 sebesar 18,9% dan untuk lantai 2 sebesar 23,6%. Sedangkan untuk frekuensi 2150MHz terjadi peningkatan rata-rata nilai EIRP pada lantai satu sebesar 24,7% dan pada lantai 2 sebesar 35%. Dengan adanya peningkatan rata-rata nilai EIRP yang dihasilkan dari desain optimasi diharapkan dapat menghasilkan kualitas sinyal yang lebih baik dari sebelumnya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan di Bab sebelumnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Perhitungan *link budget* yang telah dibuat operator menghasilkan nilai EIRP tertinggi untuk jaringan GSM sebesar 18,572 dBm dengan RxLevel sebesar -39 dBm dan EIRP terendah sebesar 14,062 dBm dengan RxLevel sebesar -83 dBm. Untuk jaringan WCDMA nilai EIRP tertinggi sebesar 16,908 dBm menghasilkan nilai RSCP sebesar -85 dBm dan EIRP terendah sebesar 6,958 dBm dan RSCP sebesar -101 dBm.
2. Desain optimasi jaringan yang telah dibuat penulis dapat meningkatkan kualitas sinyal antena IBC di gedung MAL ska Pekanbaru dengan persentase peningkatan rata-rata nilai parameter RxLevel dan RSCP yang mencapai 31,7% dan 43,4% pada lantai dasar, 18,9% dan 24,7% pada lantai 1 dan pada lantai 2 mencapai 23,6% untuk parameter RxLevel dan 35% untuk parameter RSCP-nya.
3. Jumlah antena IBC untuk operator Indosat yang dapat diukur di gedung MAL ska Pekanbaru berbeda-beda tiap lantainya, yaitu pada lantai dasar jumlah antena yang dapat diukur berjumlah 8 buah antena, pada lantai 1 berjumlah 12 buah antena dan pada lantai 2 jumlah antena yang diukur berjumlah 10 buah antena.

5.2 Saran

Demi penyempurnaan dan kemajuan dari masalah yang telah dianalisis, berikut beberapa saran yang dapat penulis berikan untuk penelitian selanjutnya :

1. Penulis menyarankan agar desain optimasi jaringan yang telah dibuat dapat direalisasikan oleh pihak operator sehingga diketahui kualitas sinyal baru yang dihasilkannya. Dengan demikian para pengguna operator Indosat di gedung MAL ska Pekanbaru dapat merasakan kualitas layanan yang baik dalam berkomunikasi.
2. Penelitian selanjutnya dapat menganalisis perhitungan *link budget* untuk multioperator di gedung MAL ska Pekanbaru. Karena implementasi IBC di gedung MAL ska Pekanbaru terdiri dari banyak operator seperti Telkomsel, XL, Indosat, AXIS dan Three (3).

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Kausar, Febrian. 2009. *Optimasi Pelayanan Jaringan Berdasarkan Drive Test*. Universitas Indonesia.
- Bagus, Dony. 2011. *Aplikasi TEMS Investigation Sebagai Tool Untuk Drive Test Pada sistem Seluler Seluler Di PT. Indosat, Tbk Semarang*. Universitas Diponegoro.
- Bravi, Aldina Peto. Analisis Pengaruh Rx Level Terhadap Kecepatan Download Data Pada Teknologi GRPS Di PT. XL Axiata Tbk. Purwokerto. Universitas Jendral Sudirman.
- European Telecommunication Standards Institute. 1996. GSM Technical Spesification. ETSI *Recommendation GSM 05.08*.
- Hikmah Puspita, Ratih. *Perhitungan Link Budget Pada Komunikasi GSM Di Daerah Urban Cluster Central Business Distric (CBD), Residences, Dan Perkantoran*. Institute Teknologi Surabaya. www.eepis-its.edu, diakses 02 September 2012.
- Hikmaturokhman, Alfin. 2009. *Analisa Proses Pindah Tangan (Handover) Ditinjau Dari Level Daya Sinyal Terima Studi Kasus Pada PT. Telkomsel Grapari Purwokerto*.
- Iriandani, Eka Wahyu. *Analisa Penyebab Terjadinya Gagal Koneksi Pada Jaringan 3G Indosat m2 (Study Kasus Bts Citraland)*. Institut Teknologi Sepluh November. www.digilib.its.ac.id, diakses 03 September 2012.
- Kurniawan, Prima. *Perencanaan Ulang Site Outdoor Coverage System Jaringan Radio GSM 900 Dan 1800 Di Semarang*. Universitas Diponegoro. www.eprints.undip.ac.id, diakses 03 September 2012.
- Puspitasari, Fiska Jelita. *Analisa HCS (Hierarchical Cell Structures) Pada Sistem GSM Triple Band*. Universitas Diponegoro.
- Rachmawan, Harry. 2007. *Simulasi Cakupan Sistem IBC (In-Building Coverage) Pada Komunikasi GSM*. Universitas Diponegoro. www.eprints.undip.ac.id, diakses 01 September 2012.
- Setyawan, Iman Ahmad. 2009. *Perencanaan Dan Analisis Pembangunan IBC Untuk Frekuensi 2G Dan 3G Pada Operator XL Di IT Telkom Menggunakan Jaringan Serat Optik*. Institut Teknologi Telkom.
- Surjati, Indra. 2008. *Analisis Perhitungan Link Budget Indoor Penetration Wideband Code Division Multiple Accesss (WCDMA) Dan High Speed Dowlink Packet Access (HSDPA) Pada Area Pondok Indah*. Universitas Trisakti.

Syafari, Anjari. 2007. *Sekilas Tentang Teknologi 3G*. www.ilmukomputer.com, diakses 10 Desember 2012.

Tarigan, Eron. 2007. *Studi Perancangan Cakupan Sinyal Sistem WCDMA Di Dalam Ruang*. Universitas Sumatra Utara. www.repository.usu.ac.id, diakses 1 September 2012.

Usman, Uke Kurniawan. 2009. *Perhitungan Power Link Budget Pada CDMA 450*. www.jre.elektro.unsyiah.ac.id, diakses 03 September 2012.

Wibisono, Gunawan. dkk. 2007. *Konsep Teknologi Seluler*. Penerbit Informatika Bandung, Bandung.

Wijayanti, Ari. 2012. *Analisa Unjuk Kerja Layanan 3G di Surabaya*. Institut Teknologi Surabaya.